



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**La estabilidad de talud en la vía Moyaccasa – Pulcay con Geoceldas  
como alternativa de estabilización distrito Huaccana, Chincheros,  
Apurímac 2021.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Bach. Porras Zamora, Jhordy Antony (ORCID: 0000-0001-7272-7565)

**ASESOR:**

Mg. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (ORCID: 0000-0002-2026-0411)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

La presente tesis va dedicado primeramente a Dios y a la virgencita de Cocharcas por haberme dado la sabiduría, fuerza y paciencia para poder terminar la tesis y por acompañarme todos los días de mi vida.

A mis Padres Jorge y Jenny por su amor y apoyo incondicional quienes me han guiado y enseñado que con perseverancia, dedicación y esfuerzo se realiza todo lo que uno se propone.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer al Mg. Luis Alfonso Juan Barrantes Mann y al Ing. Edwin Miranda Palomino, por su asesoría en la presente tesis.

A sí mismo a mis amigas por la gran motivación que me brindaron y también a mi amigo Cristian por su apoyo incondicional en la presente tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 Antecedentes de la investigación.....	2
2.1.1 Internacionales .....	2
2.1.2 Nacionales.....	3
2.2 Bases teóricas.....	5
2.2.1 Estabilidad.....	5
2.2.2 Talud .....	5
2.2.3 Factores que producen fallas de estabilidad de laderas y taludes. ....	6
2.2.4 Deslizamientos. ....	7
2.2.5 Medidas de estabilización en taludes.....	10
2.2.6 Cálculo de la estabilidad.....	11
2.2.7 Factor de seguridad. ....	12
2.2.8 Concepto de superficie de falla. ....	13
2.2.9 Métodos para el análisis de estabilidad de taludes .....	13
2.2.10 Slope. ....	14
2.2.11 Transitabilidad. ....	14
2.2.12 Introducción a las Geoceldas. ....	14
2.2.13 Objetivos de las geoceldas.....	15

2.2.14 Descripción de las geoceldas.....	15
2.2.15 Ventajas de las geoceldas.....	17
2.2.16 Aplicaciones de las geoceldas. ....	17
2.2.17 Procedimiento de cálculo de un muro de gravedad con geoceldas. ....	18
2.3 Formulación del problema.....	20
2.3.1 Problema principal.....	20
2.3.2 Problemas específicos.....	20
2.4 Justificación del estudio.....	20
2.5 Hipótesis.....	21
2.6 Hipótesis general.....	21
2.7 Hipótesis específicas.....	21
2.8 Objetivos.....	21
2.8.1 Objetivo general.....	21
2.8.2 Objetivo específico.....	21
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	22
3.1.1 Tipo de investigación.....	22
3.1.2 Diseño de la investigación.....	22
3.1.3 Nivel de investigación.....	22
3.2 Variables y operacionalización.....	23
3.2.1 Variables.....	23
3.2.2 Operacionalización.....	23
3.3 Población y muestra de la investigación.....	25
3.3.1 Población.....	25
3.3.2 Muestra.....	25

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
3.4.1 Técnicas .....	25
3.4.2 Instrumentos.....	26
3.5 Métodos de análisis de datos .....	26
3.6 Aspectos éticos .....	26
IV PROCEDIMIENTO.....	27
4.1 Ubicación del área del proyecto .....	27
4.1.1 Ubicación política. ....	27
4.1.2 Delimitación.....	27
4.1.3 Accesibilidad. ....	28
4.2 Aspectos físicos, geológicos y sísmicos del área de estudio .....	28
4.2.1 Aspectos físicos .....	28
4.2.2 Geología general.....	29
4.2.3 Aspectos sísmicos.....	31
4.3 Estudios realizados .....	32
4.3.1 Estudios topográficos .....	32
4.3.2 Estudios geotécnicos.....	33
4.4 Análisis de estabilidad del talud .....	40
4.4.1 Análisis estático.....	41
4.4.2 Análisis pseudoestático .....	42
4.5 RESULTADOS .....	45
4.6 Propuesta de estabilidad del talud con muros de Geoceldas a gravedad.....	45
4.6.1 Propuesta 1 .....	45
4.6.2 Propuesta 2.....	46
4.6.3 Propuesta 3.....	48

IV. DISCUSIÓN .....	53
V. CONCLUSIONES .....	54
VI. RECOMENDACIONES .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización .....	24
Tabla 2: Vías de acceso a la zona de estudio .....	28
Tabla 3: Calicatas realizadas .....	35
Tabla 4: Resumen de los resultados del ensayo de cono de arena .....	36
Tabla 5: Clasificación del material según SUCS .....	39
Tabla 6: Resumen de ensayos especiales realizados en laboratorio (Corte Directo)	40
Tabla 7: Parámetros de análisis de estabilidad .....	41
Tabla 8: Resumen de los factores de seguridad – estático .....	42
Tabla 9: Resumen de los factores de seguridad – pseudoestático .....	44
Tabla 10: Resultados del FS de la propuesta 1.....	46
Tabla 11: Resultados del FS de la propuesta 2.....	48
Tabla 12: Resultados del FS de la propuesta 3.....	49
Tabla 13: Cuadro comparativo de propuestas con geocelda .....	50
Tabla 14: Cuadro comparativo de métodos de análisis de estabilidad del talud .....	50
Tabla 15: Resumen del procedimiento de cálculo – muro de gravedad con geoceldas H=8m.....	51
Tabla 16: Resumen del procedimiento de cálculo – muro de gravedad con Geoceldas H=6m.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Deslizamiento del talud, tramo Moyaccasa-Pulcay km 12+140. ....	2
Figura 2: Nomenclatura de taludes y laderas. ....	6
Figura 3: Factores que producen fallas en la estabilidad de laderas y taludes. ....	6
Figura 4: Tipos de fallas en taludes. ....	7
Figura 5: Falla rotacional. ....	9
Figura 6: Falla traslacional. ....	9
Figura 7: Formación de un flujo de residuos en una ladera de alta pendiente. ....	10
Figura 8: Modos de modificación de talud. ....	11
Figura 9 Medidas de drenaje y protección en taludes. ....	11
Figura 10. Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes. ....	12
Figura 11. Ejemplo de un factor de seguridad. ....	12
Figura 12. Superficie de falla y dirección de la resistencia al corte. ....	13
Figura 14. Comparación de los diferentes métodos. ....	13
Figura 15. Como surgen las geoceldas. ....	14
Figura 16. Control de deslizamiento y contención, Hante - Mansisk, Rusia. ....	15
Figura 17. Medidas de las geoceldas. ....	16
Figura 18. Datos técnicos de las Geoceldas. ....	16
Figura 23. Construcción de muro de gravedad con geoceldas. ....	18
Figura 24. Muro de gravedad de geoceldas. ....	18
Figura 25. Modos potenciales de falla. ....	19
Figura 26. Estabilidad interna. ....	19
Figura 27. Ubicación geográfica del proyecto. ....	27
Figura 28. Mapa geológico del área de estudio. ....	30
Figura 29. Zonificación sísmica del Perú. ....	31

Figura 30. Levantamiento topográfico de la zona de estudio. ....	32
Figura 31. Dibujo del plano con el programa AutoCAD civil 3D 2020 .....	33
Figura 32. Toma de muestra – Calicata N°01. ....	34
Figura 33. Toma de muestra – Calicata N°02. ....	34
Figura 34. Método del cono de arena in situ – Calicata N°1. ....	35
Figura 35. Método del cono de arena in situ – Calicata N°2. ....	36
Figura 36. Análisis granulométrico por tamizado, calicata N°1 .....	37
Figura 37. Análisis granulométrico por tamizado - Calicata N°2 .....	37
Figura 38. Ensayo de límites de consistencia – Calicata N°01. ....	38
Figura 39. Ensayo de límites de consistencia – Calicata N°02. ....	38
Figura 40. Ensayo de corte directo – Calicata N°01.....	39
Figura 41. Ensayo de corte directo – Calicata N°02.....	40
Figura 42. Sección crítica km 12+100 .....	41
Figura 43. Análisis estático con Slope.....	42
Figura 44. Mapa de aceleración espectral .....	43
Figura 45. Análisis pseudoestático con el software slope .....	44
Figura 46. FS modo Pseudoestático, propuesta 1, método de Morgenstern–Price ..	45
Figura 47. FS modo Pseudoestático, propuesta 2, método de Morgenstern–Price ..	46
Figura 48. Análisis del FS modo pseudoestático, propuesta 2.....	47
Figura 49. Análisis del FS modo pseudoestático, propuesta 2.....	47
Figura 50. Análisis del FS modo pseudoestático, propuesta 3.....	48
Figura 51. Análisis del FS modo estático, propuesta 3 .....	49
Figura 52. Muro de gravedad de geoceldas h=8m.....	51
Figura 53. Muro de gravedad de Geoceldas h=6m .....	52

Figura 54. En la vía Moyaccasa –Pulcay progresiva 12+100 al 12+180 se observa el deslizamiento del talud pudiendo ocasionar accidentes a los que la transitan..... 63

Figura 55. Ya que este es una vía de gran importancia, se realizaron las limpiezas de los deslizamientos del talud en la plataforma de rodadura con las maquinarias. .... 63

Figura 56. Quedando la vía de esta manera donde solo se realizó la limpieza del material deslizado mas no una algún método de estabilización, donde este talud es estable pero no cumple con los factores de seguridad establecido por el RNE CE.020 siendo este una trampa mortal para quienes la transitan por eso ya no se puede esperar tanto a que pase algún accidente. .... 64

## RESUMEN

La presente investigación es tecnológica, el nivel de investigación es descriptiva - explicativo y el diseño de la investigación es no experimental.

Parte del problema general ¿Determinar las ventajas de la aplicación de Geoceldas como alternativa de estabilización de talud y permitir la transitabilidad de la vía Moyaccasa - Pulcay en la progresiva 12 + 100 - 12 + 180? Y cuya hipótesis general que debe contrastarse ¿Estabilizando el talud con Geoceldas se mejora la transitabilidad de la vía Moyaccasa - Pulcay en la progresiva 12 + 100 - 12 + 180?

Para poder llegar a una solución correcta de la problemática de la zona en estudio se realizó una recopilación de información topográfica y geológica.

Se analizó el factor de seguridad del talud más crítico utilizando el software Slope versión 2018 obteniendo un FS de 1.21 en el modo estático y 1.01 en el modo pseudoestático, siendo estable, pero no cumpliendo con el RNE CE.020. Concluido el análisis de la problemática de la zona se procedió a realizar la estabilización del talud mediante los muros de gravedad con Geoceldas, logrando obtener los FS en el modo estático 1.59 y en el modo pseudoestático 1.27 cumpliendo con la norma.

**Palabras Claves:** Estabilidad de talud, Geoceldas, Software, Factor de Seguridad.

## **ABSTRACT**

The present investigation is technological, the level of investigation is descriptive - explanatory and the design of the investigation is not experimental.

Part of the general problem. Determine the advantages of the application of Geocells as an alternative to stabilize the slope and allow the moyaccasa - Pulcay road to be passable on the progressive 12 + 100 - 12 + 180? And whose general hypothesis that must be tested, does stabilizing the slope with Geocells improve the passability of the Moyaccasa - Pulcay road on the progressive 12 + 100 - 12 + 180?

In order to arrive at a correct solution to the problem of the area under study, a collection of topographic and geological information was carried out.

The most critical slope safety factor was analyzed using the Slope software version 2018, obtaining an FS of 1.21 in the static mode and 1.01 in the pseudostatic mode, being stable, but not complying with the RNE CE.020. Once the analysis of the problem in the area was concluded, the slope stabilization was carried out by means of gravity walls with Geocells, obtaining the FS in the static mode 1.59 and in the pseudostatic mode 1.27, complying with the standard.

**Keywords:** Slope stability, geocells, Software, Security Factor.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática**

El gran crecimiento que ha experimentado el Perú en las construcciones de la Red Vial Nacional en estos últimos años, a nivel de todas las regiones, donde se generan muchos taludes con inestabilidad.

Dando lugar a la investigación de las nuevas técnicas de estabilización de taludes, donde se plantean las construcciones de los muros de contención, debido a que se debe aprovechar todo el espacio disponible para la construcción, de aquí parte la necesidad del tema planteado para el proceso de investigación.

Siendo las vías de comunicación columna vertebral del desarrollo integral de los pueblos; la población alto-andina que habitan en los pueblos aledaños, se ven frustrados por el mejoramiento de su estrato económico, por lo que las construcciones de las carreteras permiten cristalizar estos objetivos.

Debido a las intensas lluvias que se presentan en la región de Apurímac entre los meses de noviembre y mayo, estos vienen ocasionando derrumbes y/o deslizamientos de los taludes a lo largo de las principales vías de comunicación, y no es excepción el distrito de Huaccana, Provincia de Chincheros, Región Apurímac, ya que existe deslizamientos de los taludes en grandes masas de tierra en las principales vías de comunicación, principalmente en el tramo de Moyaccasa y Pulcay, ocasionando el cierre parcial o temporal de dicha vía, ya que esto ocasiona una molestia no solo a las personas de la zona sino también a los comerciantes y transportistas.

De igual manera ocasiona un retraso con respecto al desarrollo del distrito ya que su principal fuente de ingresos es la agricultura y ganadería, basados en los diferentes pisos ecológicos que oscilan entre 4.500 m.s.n.m y 1.500 m.s.n.m.

Donde en este proyecto se estudiará la topografía y geología de la vía Moyaccasa - Pulcay donde se dará una solución eficaz, económica y segura siendo la propuesta más efectiva para una buena transitabilidad en nuestra zona.



Figura 1. Deslizamiento del talud, tramo Moyaccasa-Pulcay km 12+140.  
Fuente: Propia, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Internacionales

**Valenzuela** (2016), desarrollo un trabajo de investigación titulado *“Estudio y diseño geométrico de la vía que une las comunidades Miñarica bajo y Carmelitas, perteneciente a la parroquia Santa Rosa Cantón Ambato, provincia de Tungurahua y estabilización de taludes por medio de geotextiles”*, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Técnica de Ambato, llegando a las siguientes conclusiones:

1. El uso de los geotextiles es un método de estabilización de taludes muy económica comparado con otros como son de malla y con morteros con una diferencia económica de 52.33%.
2. El procedimiento de estabilización de un talud con geotextil es muy rápido, esto hace a que implique un bajo costo con respecto a las diferentes ventajas que ofrecen los geotextiles.

**Rojas** (2009), desarrollo un trabajo de investigación titulado *“Diseño de muros de contención sector la Aguada comuna de Corral”*, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil en Obras Civiles, en la Universidad Austral De Chile, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Después de haber analizado todas las opciones mencionadas como mitigadoras de riesgo ante los deslizamientos de taludes, se distinguió por los muros de contención.
2. En vista que nuestra zona de estudio se encuentra en una zona de riesgo no se pueden optar por los métodos de menor costo como son los de corrección superficial o de corrección geométrica por lo que no son viables por las condiciones topográficas del lugar en estudio.

### **2.1.2 Nacionales**

**Fernández** (2017), desarrollo un trabajo de investigación titulado *“Sistemas de confinamiento con geosintéticos para el control de erosión - caso estudio: defensa costera en Colán - Piura y revegetación autosostenible en Asia- lima”*, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Agrícola, en la Universidad Nacional Agraria La Molina, llegando a las siguientes conclusiones:

1. En este trabajo de investigación se muestra la protección contra erosión utilizando dos tipos de soluciones mediante el uso de geosintéticos como son las geobolsas y Geoceldas con el relleno del mismo material en el sitio.
2. Con el propósito de mostrar criterios generales sobre la concepción y diseño de estas estructuras como son estos dos casos prácticos para el control de erosión y para el sistema de revegetación con las Geoceldas son alternativas de solución de tipo no convencionales.
3. Se recomienda el uso de las Geoceldas para cada caso planteado en el control de erosión como sistemas de recubrimiento adecuado y siendo una solución integral para los diferentes tipos de proyectos.

**Aguilar** (2016), desarrollo un trabajo de investigación titulado *“Comparación técnica entre el uso de gaviones y Geoceldas como estructuras de defensa ribereña”*, con la

finalidad de optar el título de Ingeniero Civil, en la Pontificia Universidad Católica Del Perú, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Se llegó a la conclusión de que el relleno de concreto en las Geoceldas tiene la capacidad de resistir a las diferentes solicitaciones mínimas que requieren los proyectos demostrando el mejor desempeño de recubrimiento contra erosiones en defensas ribereñas.
2. Por lo tanto se recomienda el uso de las Geoceldas con recubrimiento, siendo este el más adecuado a una solución integral.

**García** (2017), desarrolló un trabajo de investigación titulado *“La estabilidad de taludes y mejora de la transitabilidad de la carretera Longitudinal De La Sierra en la provincia de Chota – Departamento de Cajamarca”*, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil, en la Universidad César Vallejo, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Se logró una correcta evaluación de la problemática que existe en la zona de estudio, recopilando la información topográfica, geológica y geomorfológica donde permite modelar en el software el talud de estudio.
2. Además, se concluyó los componentes de estabilidad de las secciones de carretera más críticas encontradas en el área de análisis utilizando el software Geo Studio 2012.
3. Una vez concluido la exploración de la problemática de área en estudio, la viable solución en elección es un muro de gaviones debido a que en el área poseemos piedras de canto rodado siendo este la más posible y factible de todas.

**Mendoza** (2016), desarrolló un trabajo de investigación titulado *“Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay”*, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, habiendo llegado a las próximas conclusiones:

1. De todos los estudios hechos, se escogió aquella parte que superaba sutilmente los criterios de aceptabilidad, Factor de seguridad mayor a 1.3 en condiciones fijas y el factor de seguridad mayor a 1 en condiciones pseudoestáticas.

2. En los 3 métodos elegidos se realizaron sus respectivos procedimientos de cálculo del factor de seguridad en la estabilidad. En cuanto los procedimientos para decidir los componentes de estabilidad tienen la posibilidad de analizar, en la gran mayor parte del FS no hay variaciones más del 5% entre otros valores muy altos y más bajos logrados
3. Por consiguiente, se puede concluir que en el análisis pseudoestático la geometría del talud no influye de manera considerable al factor de seguridad, por lo que el equilibrio va a ser concedida por las propiedades geotécnicas de los materiales presentes. Del mismo modo, en este proyecto podría sufrir peligro de licuefacción debido a se cuenta con los estratos de arena y presencia de napa freática.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Estabilidad**

Se entiende a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cual será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse, este es el centro del problema y la razón de estudio (De Matteis, 2003, p.8).

### **2.2.2 Talud**

Se conocen con el nombre genérico de taludes cualesquiera superficies inclinadas respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierra. Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan corte o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación terrea natural, en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes. También se producen taludes en los bordes de

una excavación que se realice a partir del nivel del terreno natural, a los cuales se suele denominar taludes de la excavación (Rico & Del Castillo, 2006, p. 227).

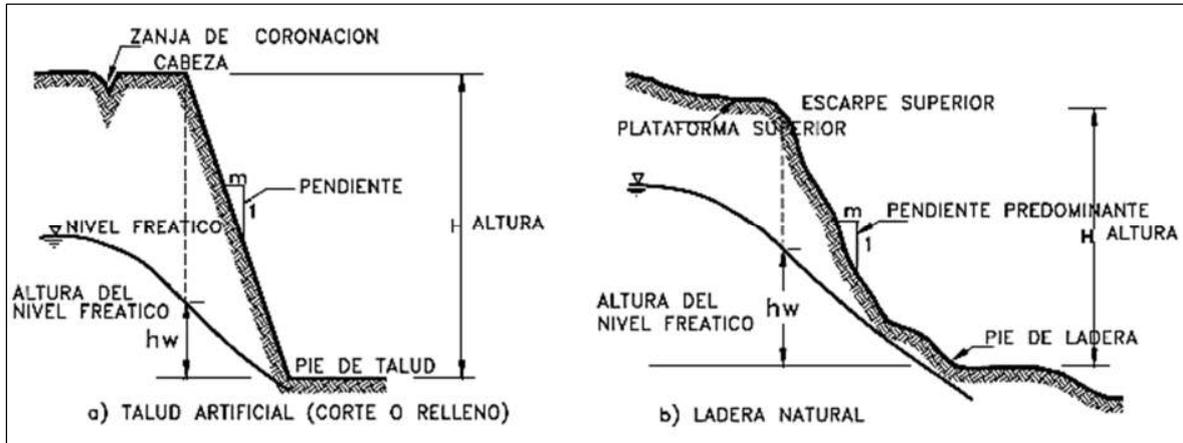


Figura 2. Nomenclatura de taludes y laderas.

Fuente: Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas tropicales.

### 2.2.3 Factores que producen fallas de estabilidad de laderas y taludes.

Crespo (2010) menciona que “con frecuencia las propias manipulaciones del ingeniero pueden ser fuente de graves problemas de estabilidad de taludes; la lista que se proporciona a continuación es una reseña de los procesos constructivos que comúnmente causan problemas” (p.67).

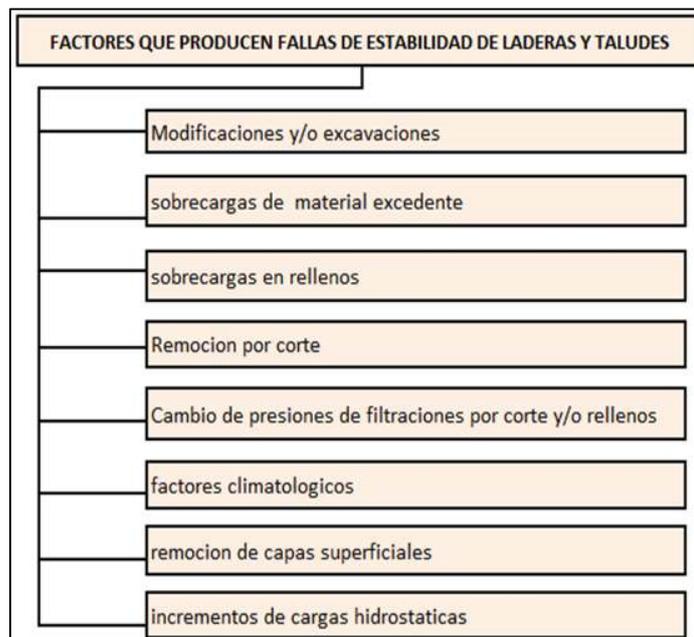


Figura 3. Factores que producen fallas en la estabilidad de laderas y taludes.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 2.2.4 Deslizamientos.

De Matteis (2010) menciona que los “deslizamientos son la rotura al desplazamiento del suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia fuera de toda la masa que participa del mismo” (p.6).



Figura 4. Tipos de fallas en taludes.  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.4.1 Deslizamientos superficiales.

Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones del suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo. Se refiere esta falla al proceso más o menos continuo, y por lo general lento, de deslizamientos ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales.

Existen dos clases de deslizamientos: el estacional que afecta solo a la corteza superficial de la ladera que sufre la influencia de los cambios climáticos en forma de expansiones y contracciones térmicas o por humedecimiento y secado, y el masivo, a capas de tierra más profundas, no interesadas por los efectos ambientales y que, en consecuencia, solo se puede atribuir al efecto gravitacional. El primero en mayor o menor grado siempre existe, variando su intensidad según la época del año; en cambio el segundo los movimientos son prácticamente constantes, el fenómeno se pone de manifiesto a los ojos del ingeniero cuando nota que los árboles y postes están inclinadas respecto de la

vertical, cuando se evidencian agrietamientos o escalonamientos en el talud (De Matteis, 2003, p. 6).

#### **2.2.4.2 Movimientos del cuerpo del talud.**

En taludes movimientos bruscos que afectan a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo, interesando o no al terreno de fundación. Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona de su futuro desarrollo actúan esfuerzos cortantes que sobrepasan la resistencia al corte del material; a consecuencia de ello sobreviene la ruptura del mismo, con la formación de una superficie de deslizamiento a lo largo de la cual se produce la falla. Estos fenómenos se los denomina “deslizamientos de tierras” y puede estudiarse dos tipos bien diferentes (De Matteis, 2003, p. 6).

##### *2.2.4.2.1 Falla rotacional.*

En el primer lugar se define una superficie de falla curva, a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud. Esta superficie forma una traza con el plano del papel que puede asimilarse, por facilidad y sin mayor error a una circunferencia, aunque pueden existir formas algo diferentes, en la que por lo general influye la secuencia geológica local, el perfil estratigráfico y la naturaleza de los materiales. Estas fallas son llamadas de rotación.

Este tipo de fallas ocurren por lo común en materiales arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico este regido básicamente por su fracción arcillosa. En general afectan a zonas relativamente profundas del talud, siendo esta profundidad mayor cuanto mayor sea la pendiente (De Matteis, 2003, p. 7).



*Figura 5. Falla rotacional.*  
Fuente: Análisis Geotécnico, Suarez.

#### **2.2.4.2.2 Falla traslacional.**

Se realiza en forma paralela al estrato débil y se acaba en sus extremos con áreas redondeas que llegan al externo conformando agrietamientos.



*Figura 6. Falla traslacional.*  
Fuente: Análisis Geotécnico, Suarez

#### **2.2.4.3 Flujo.**

A esta clase de falla a movimientos más o menos rápidos de una parte de la ladera natural, de tal forma que el desplazamiento en sí y la distribución

aparente de velocidades y traslados se parece al comportamiento de un líquido espeso, el material susceptible de fluir puede ser cualquier formación no consolidada (De Matteis, 2003, p.9). Ver figura 7.

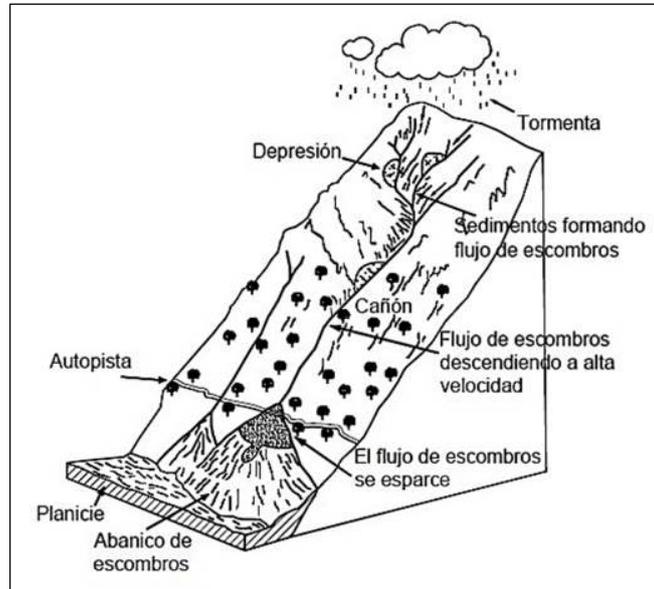


Figura 7. Formación de un flujo de residuos en una ladera de alta pendiente.  
Fuente: Análisis Geotécnico, Suarez.

## 2.2.5 Medidas de estabilización en taludes.

Cuando un talud ha sufrido rotura, o deformaciones que impliquen riesgo de inestabilidad, deben adoptarse medidas de estabilización. (...) El aumento del coeficiente de seguridad de un talud se consigue disminuyendo las fuerzas desestabilizadoras que tienden a la rotura o aumentando las fuerzas estabilizadoras (Gonzales de Vallejo, 2002, p. 470). Las medidas estabilizadoras pueden consistir en:

### 2.2.5.1 Modificación de la geometría.

Gonzales de Vallejo (2002) menciona “que mediante la modificación de la geometría de los taludes se redistribuyen las fuerzas debidas al peso de los materiales, obteniéndose una nueva configuración más estable” (p. 471).

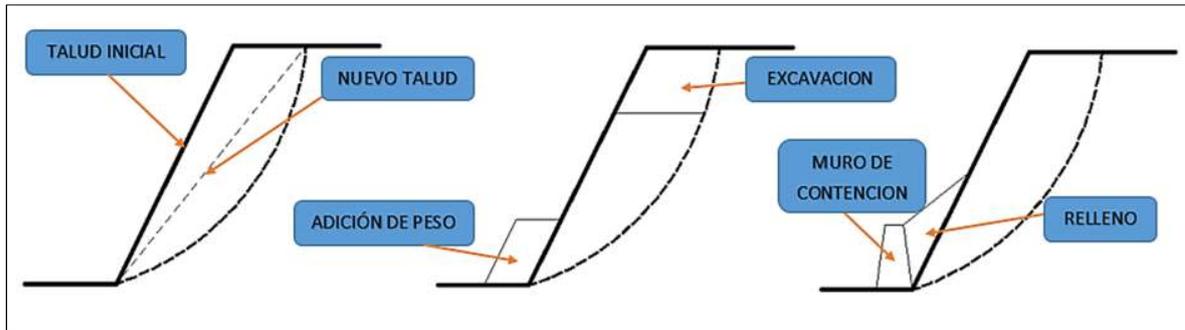


Figura 8. Modos de modificación de talud.  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.5.2 Medidas de drenaje.

Existen diferentes tipos de medidas de drenaje que tienen por finalidad disminuir y eliminar la presencia de aguas en los taludes, en cuanto a las grietas y presiones de rotura.

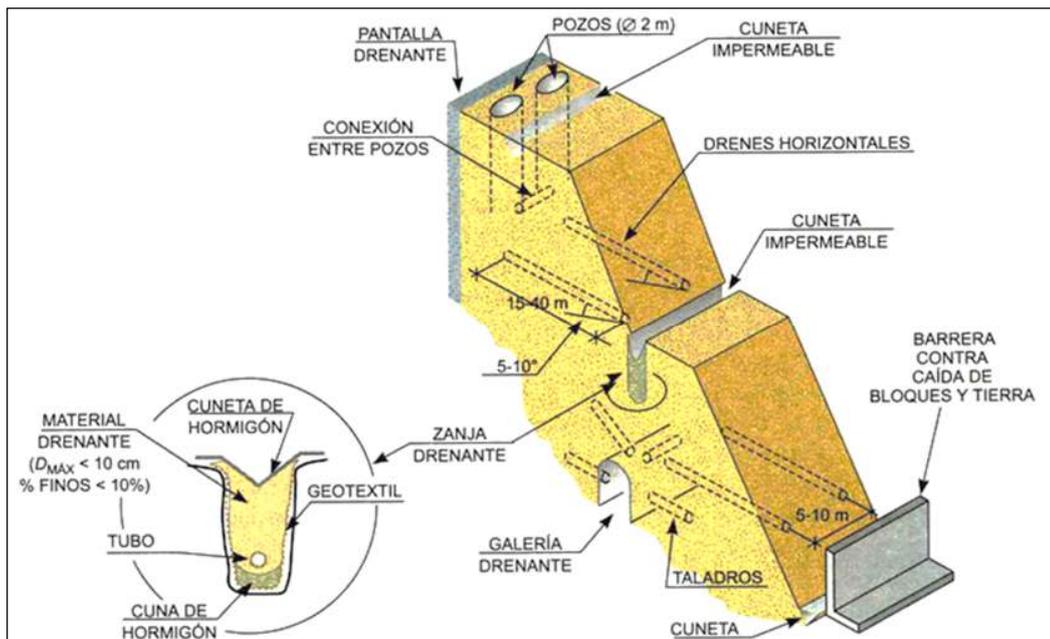


Figura 9. Medidas de drenaje y protección en taludes.  
Fuente: Ferrer, taludes, 2002

### 2.2.6 Cálculo de la estabilidad.

De Matteis, (2003) menciona que “el propósito del cálculo de la estabilidad se centra en dos temas principales. El primero es determinar la resistencia media al corte (S) de los suelos a partir de deslizamientos ya producidos, el segundo punto a tratar es la

determinación del coeficiente de seguridad (F) que define la estabilidad del talud” (p. 10).

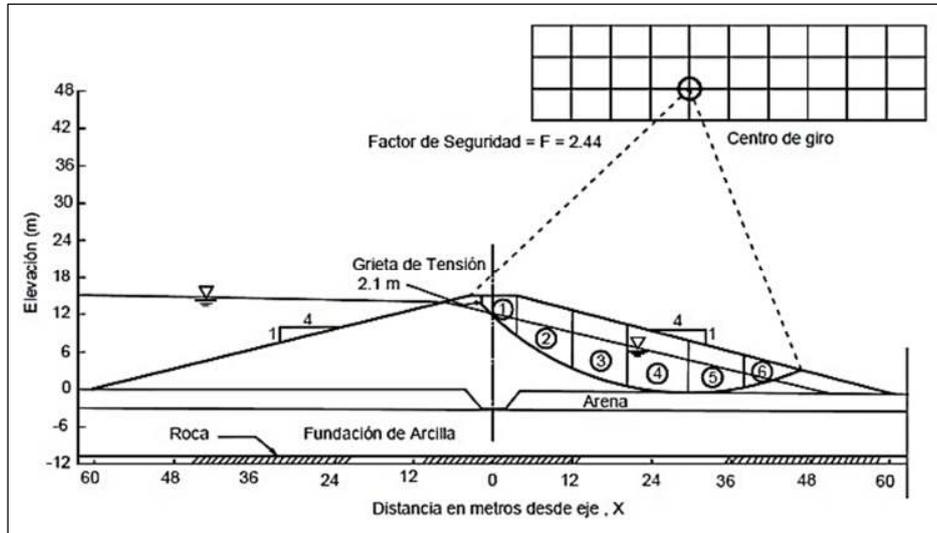


Figura 10. Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes.  
Fuente: U.S. Corps of Engineers, 2003

### 2.2.7 Factor de seguridad.

Suarez (1998) menciona que “el factor de seguridad es empleado para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña” (p. 123).

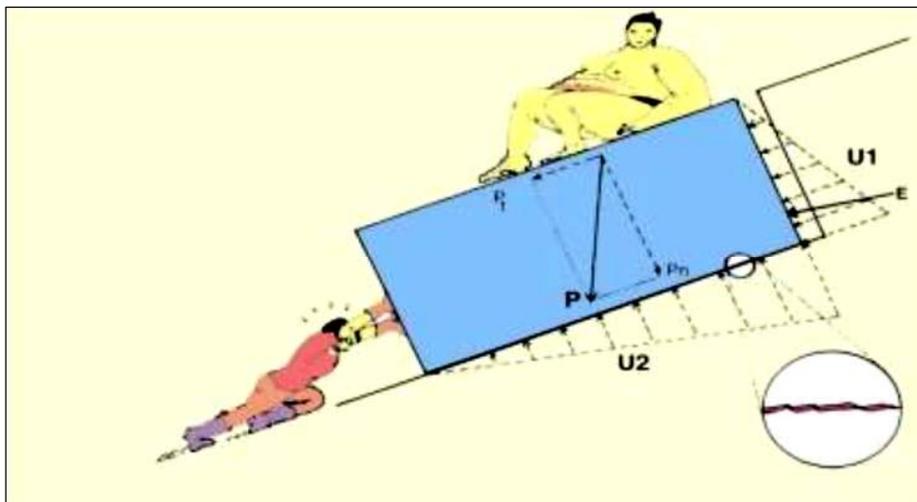


Figura 11. Ejemplo de un factor de seguridad.  
Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales Bucaramanga.

### 2.2.8 Concepto de superficie de falla.

El concepto de superficie de falla se usa para mencionar a un área asumida a lo largo del cual puede suceder el deslizamiento o rotura del talud. No obstante, este deslizamiento no sucede a lo largo de esas superficies si el talud es diseñado apropiadamente (Suarez, 2019, p. 9).

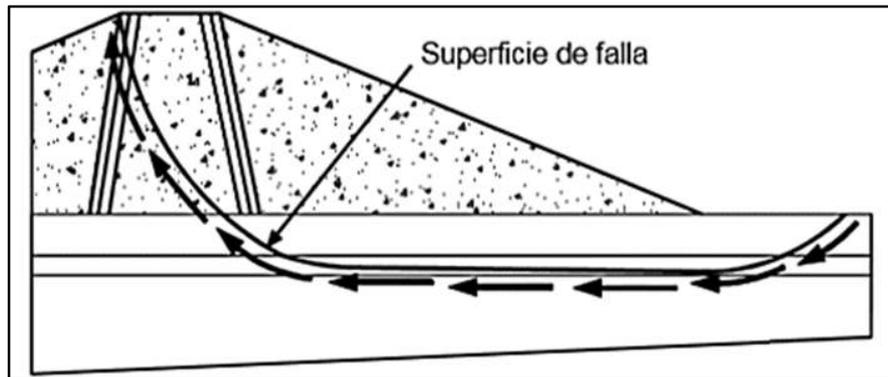


Figura 12. Superficie de falla y dirección de la resistencia al corte.  
Fuente: U.S. Corps of Engineers 2003.

### 2.2.9 Métodos para el análisis de estabilidad de taludes

Suarez (2019), menciona que existen gran variedad de metodologías para el análisis de estabilidad de taludes, como son (método de límite de equilibrio, método numérico, método dinámico).

Talud	Factor de seguridad calculado				
	Bishop	Spencer	Janbú	Morgenstern-Price	Ordinario
Talud 2H:1V	2.08	2.07	2.04	2.08	1.93
Talud sobre una capa de suelo débil	1.38	1.37	1.45	1.38	1.29
Talud con una línea piezométrica	1.83	1.83	1.83	1.83	1.69
Talud con dos líneas piezométricas	1.25	1.25	1.33	1.25	1.17

Figura 13. Comparación de los diferentes métodos.  
Fuente: Análisis de estabilidad de taludes.

### 2.2.10 Slope.

Catanzariti (2017), afirma que el software slope tiene gran variedad de usos y cálculos, así mismo menciona que utiliza métodos de equilibrio límite, modelos numéricos y elementos finitos.

### 2.2.11 Transitabilidad.

“Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

### 2.2.12 Introducción a las Geoceldas.

Gobierno de España (2019), indica que:

La búsqueda del desarrollo sostenible es uno de los grandes retos del siglo XXI, y hace imprescindible el desarrollo de nuevas tecnologías para prevenir la contaminación del aire, agua y suelo. Etimológicamente, la palabra geosintéticos se deriva del griego geo (tierra) y synthesis (agrupar o juntar). Actualmente, este término se aplica a un grupo heterogéneo de productos poliméricos.



Figura 14. Como surgen las geoceldas.  
Fuente: Geosistemas Pavco.

### 2.2.13 Objetivos de las geoceldas.

- Gobierno de España (2019) indica que la finalidad de esta tecnología es de uso múltiple como son (Muros de contención, Defensa de márgenes, Soporte de cargas, estabilización de suelos, Control de erosiones superficiales, revestimiento y refuerzo de canales).



*Figura 15.* Control de deslizamiento y contención, Hante - Mansisk, Rusia.  
Fuente: Geosistemas Pavco.

### 2.2.14 Descripción de las geoceldas.

Gobierno de España (2019), menciona que las geoceldas son estructuras tridimensionales semirrígidas en forma de panel de abeja que se rellenan con tierra orgánico, suelo cemento u hormigón grava, arena.

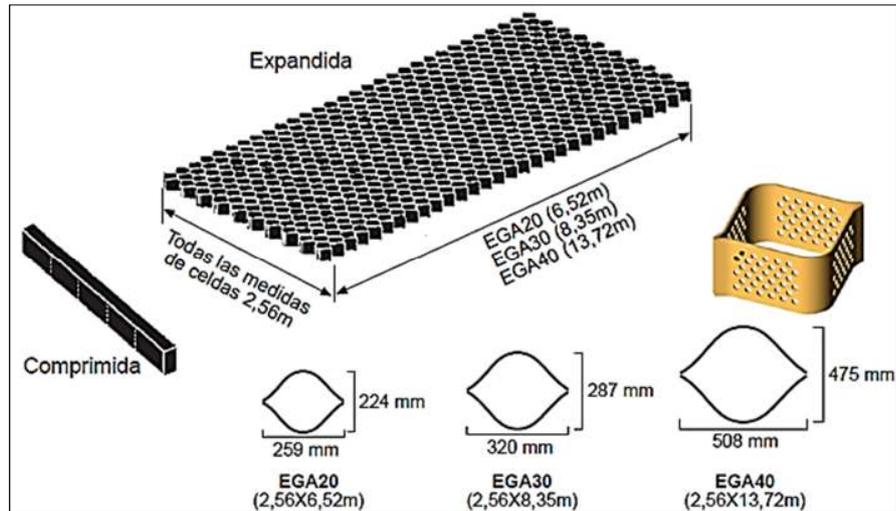


Figura 16. Medidas de las geoceldas.

Existen varias medidas y propiedades de las geoceldas de acorde para cada uso en la siguiente imagen se muestra una ficha técnica.

<b>Material</b>			
El polímero usado para la fabricación de la geocelda es polietileno de alta densidad, no degradable térmicamente.			
<b>Datos técnicos</b>			
Propiedades	Método de ensayo	Valor típico	
Mínima densidad del polímero	ASTM D-1505	0,940 g/cm <sup>3</sup>	
Espesor nominal de la placa	ASTM D-5199	1,25 mm +/- 5%	
Contenido en carbono negro	ASTM D-1603	1,5 % mínimo	
Resistencia al agrietamiento ante agresiones medioambientales	ASTM D-1693	3.400 hs	
Medidas	EGA 20 (Normal)	EGA 30 (Intermedia)	EGA 40 (Grande)
Ancho x largo (celda expandida, mm)	259x224	320x287	508x475
Superficie (celda expandida, cm <sup>2</sup> )	289	460	1206
Ancho x largo (panel expandido, m)	2,56x6,52	2,56x8,35	2,56x13,72
Superficie (panel expandido, m <sup>2</sup> )	16,7	21,4	35,14
Altura de la celda (mm)	75, 100, 150, 200, 250, 300		
Las geoceldas se suministran habitualmente con paredes perforadas.			

Figura 17. Datos técnicos de las Geoceldas.

### **2.2.15 Ventajas de las geoceldas.**

Gobierno de España (2019) nos dice que: Son fáciles de instalar y de coste asequible son versátiles. La geocelda puede ser usada para todo tipo de contención de terrenos, incluidos contención de muros por gravedad o de estructuras compuestas. Debido a su flexibilidad, es altamente tolerante con diferenciales de asentamiento. Son duraderas. Están elaboradas con polietileno de alta densidad, un material fuerte y estable. Se proveen con protección adicional para las fajas expuestas a la luz solar. Las geoceldas no son afectadas por la corrosión o los cambios extremos de temperatura, factores que afectan seriamente al hormigón armado. Cada celda actúa como una pequeña represa que permite el paso del agua o el viento encima de la superficie, así de ese modo se disipan las fuerzas erosivas. Son estables frente a agentes químicos y bacterianos. Permiten establecer una cubierta vegetal sobre el talud tratado.

### **2.2.16 Aplicaciones de las geoceldas.**

#### **2.2.16.1 Contención de tierras.**

Geo Products (2018), informa que los muros de contención con geoceldas se pueden construir de forma rápida, rentable, y se convierten en paredes con vegetación para casi cualquier situación en la que se necesita un cambio rápido de grado, ya sea para contener un talud de corte o para ampliar y llenar una pendiente más pronunciada que el suelo solo permitiría. Este muro de contención de la gravedad funciona por el apilamiento de múltiples capas de geoceldas, que se sitúa en virtud de su peso y se puede construir fácilmente con agregados locales. Además, las paredes de retención de gravedad tienen un grado de flexibilidad que les permite ser construidos sobre terrenos de cimentación variables sin pérdida de estabilidad estructural. La gran resistencia a la fricción entre las capas llenas crea una estructura compuesta única. Las paredes celulares se limitan los materiales de relleno, lo que permite cargas adicionales impuestas y la eliminación de daños por erosión. El área expuesta externa de la pared puede ser de vegetación, proporcionando una estructura de aspecto natural, pero útil, en lugar de un muro de hormigón.



Figura 18. Construcción de muro de gravedad con geoceldas.  
Fuente: Geoproducts.

### 2.2.17 Procedimiento de cálculo de un muro de gravedad con geoceldas.

Véliz, (2019), informa que el proceso de diseño de este tipo de cálculo se puede dividir en 2 etapas:

- Estabilidad Externa.
- Estabilidad Interna.

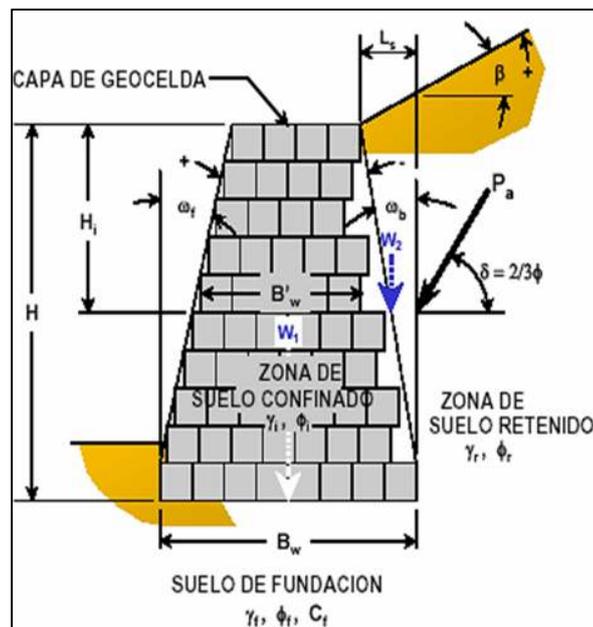


Figura 19. Muro de gravedad de geoceldas

Fuente: José Daniel Ale Véliz, 2019, p. 41



Figura 20. Modos potenciales de falla.  
Fuente: José Daniel Ale Véliz, 2019

Determinación del coeficiente de empuje de tierra, ka:

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi + \omega_b)}{\cos^2 \omega_b \cdot \cos(\omega_b - \delta) \cdot \left[ 1 + \frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \beta)}{\cos(\omega_b - \delta) \cdot \cos(\omega_b - \beta)} \right]}$$

Determinación del Factor de Seguridad al Vuelco:

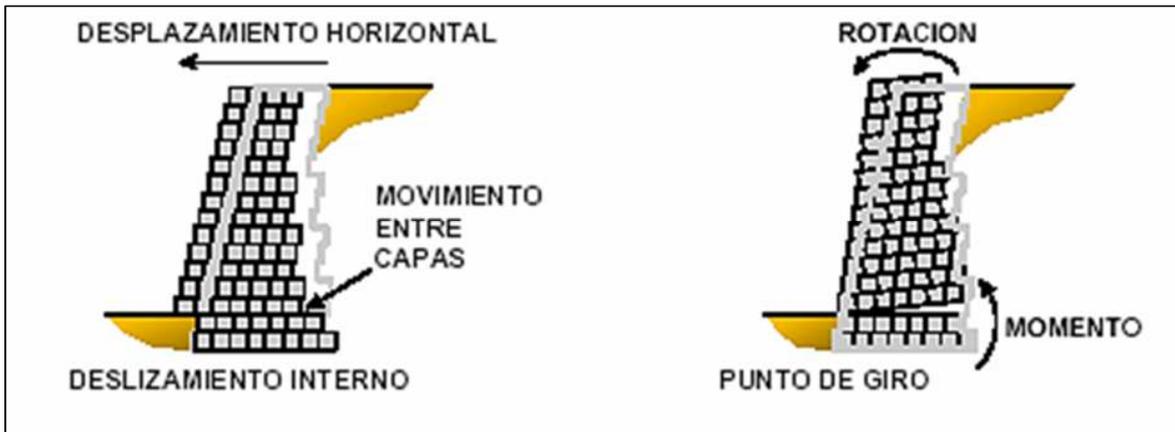


Figura 21. Estabilidad interna  
Fuente: José Daniel Ale Véliz, 2019

Determinación del Factor de Seguridad al Desplazamiento Interno  $FS_{sl}$

$$FS_{sl} = \frac{\text{Resistencia al deslizamiento}}{\text{Fuerzas laterales aplicadas}}$$

Determinación del Factor de Seguridad de Vuelco Interno  $FS_{ot}$

$$FS_{ot} = \frac{\text{Momentos resistentes}}{\text{Momentos actuantes}}$$

## **2.3 Formulación del problema**

### **2.3.1 Problema principal**

¿Cuáles son las ventajas de la aplicación de Geoceldas como alternativa de estabilización de talud y permitir la transitabilidad de la vía Moyaccasa – Pulcay?

### **2.3.2 Problemas específicos**

- ¿De qué manera los deslizamientos de talud, evitan el paso de los vehículos en la vía Moyaccasa – Pulcay?
- ¿De qué manera, estabilizando el talud, se permitirá la transitabilidad en la vía Moyaccasa – Pulcay?
- ¿En qué medida, los resultados de la alternativa de solución al deslizamiento de talud, determina la mejor técnica, diseño y economía, para la estabilización del talud en la vía Moyaccasa – Pulcay progresiva?

## **2.4 Justificación del estudio**

En nuestra región de Apurímac se encuentran las zonas más vulnerables; esto a consecuencia de la geomorfología muy accidental que presenta la región, el Perú es el tercer país más vulnerable a los riesgos climáticos de todos los países. Con esta investigación de tesis se pretende dar solución a los problemas de inestabilidad de los taludes las cuales afectan a las vías de comunicación y por consiguiente se evitarán los gastos innecesarios a nuestro gobierno en los mantenimientos de las vías, ocasionados por los constantes deslizamientos de taludes que vienen afectando la

comunicación y transitabilidad hacia las poblaciones de la zona. En lo que va el año en la carretera Moyaccasa - Pulcay distrito de Huaccana provincia de Chincheros, viene siendo obstaculizado por las fallas que se generan en la erosión de taludes, a pesar que no cobra vidas humanas, no se puede esperar tanto cuando ya hay derrumbes hasta 800 m<sup>3</sup> de material, llevándose tramos de plataforma con ellos.

## **2.5 Hipótesis**

### **2.6 Hipótesis general**

Estabilizando el talud con Geoceldas se mejora la transitabilidad de la vía Moyaccasa – Pulcay.

### **2.7 Hipótesis específicas**

- Estudiando la mecánica de suelos del talud se dará estabilidad al talud y transitabilidad a los vehículos en la vía Moyaccasa – Pulcay.
- Estabilizando el talud de la vía Moyaccasa – Pulcay, evito accidentes.
- Diseñando alternativas de estabilización con Geoceldas en la vía Moyaccasa – Pulcay, se minimizan los cotos del proyecto.

## **2.8 Objetivos**

### **2.8.1 Objetivo general**

Determinar las ventajas de la aplicación de Geoceldas como alternativa de estabilización de talud y permitir la transitabilidad de la vía Moyaccasa – Pulcay.

### **2.8.2 Objetivo específico**

- Estudiar la mecánica de suelos del talud para conocer sus propiedades y dar transitabilidad a la vía Moyaccasa – Pulcay.
- Estabilizar el talud de la vía Moyaccasa – Pulcay y de esta manera evitar accidentes.
- Diseñar alternativas de estabilización con Geoceldas y a si minimizar los costos en la vía Moyaccasa – Pulcay.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Los tipos de indagación o investigación obedecen a diferentes juicios de categorización de la exploración ilustrativa no son mutuamente excluyentes una misma investigación, puede clasificarse en múltiples categorías como el criterio de clasificación que se tome. Rodríguez (2008).

El presente proyecto es una investigación tecnológica, lugar que responde a un problema técnico donde está orientada a demostrar la validez de ciertas técnicas bajo las cuales se aplican principios científicos que demuestren su eficacia en la modificación o transformación de un hecho o fenómeno, la investigación tecnológica aprovecha del conocimiento teórico científico producto de la investigación básica o sustantiva y organiza reglas técnicas cuya aplicación posibilita cambios en la realidad Sánchez & Reyes (2006).

##### **3.1.2 Diseño de la investigación**

La presente investigación, será de tipo no experimental, es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente las variables donde se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos en este tipo de investigación no hay condiciones ni estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural. Hernández (2004).

##### **3.1.3 Nivel de investigación**

“El presente trabajo utilizará el nivel descriptivo - explicativo, debido a que, no solo describiremos el problema o fenómeno observado, sino que nos acercaremos y buscaremos explicar las causas que originaron la situación analizada, Su objetivo es la explicación de los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer su estructura y los aspectos que intervienen en la dinámica de aquéllos, son estudios de alto nivel que generan teorías, leyes o enunciados totalmente novedosos, Son de gran

complejidad y por lo general sus resultados pasan a ser de revisión obligatoria para los profesionales de ese campo”.

### **3.2 Variables y operacionalización**

#### **3.2.1 Variables**

##### **Variable dependiente**

Geoceldas

##### **Variable independiente**

Estabilidad de Talud

#### **3.2.2 Operacionalización**

Establece como se va a medir las variables. La operacionalización de las variables se indica en el siguiente cuadro.

**Tabla 1**

Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Estabilidad de Talud	Según Suarez (1998) señala que se conoce con el nombre genérico de taludes cualesquiera superficies inclinadas respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierras.	Se realizará la toma de datos del talud, como la geometría y estudios geotécnicos, los cuales serán procesados y analizados en gabinete como en laboratorio.	Estabilidad de taludes	Superficie de falla	Modelamiento en el Software Slope V.18
				Factor de seguridad	
			Métodos de Equilibrio Limite	Método de Fellenius	
				Método Spencer	
			Factores Geotécnicos	Angulo de fricción	
Cohesión					
Peso Unitario					
Tipo de suelo					
Geoceldas	Las geoceldas son estructuras tridimensionales que permiten confinar materiales granulares y suelos. Son láminas de polietileno de alta densidad, soldadas mediante ultrasonido, teniendo como finalidad mejorar la fundación de una vía.	Se realizará el diseño muros de contención a gravedad usando geoceldas para obtener las dimensiones del muro y así poder determinar la influencia en el de factor de seguridad de tal talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas	Diseño técnico	Predimensionamiento	Diseño con Microsoft Excel y Modelamiento en el Software Slope v.18
				Análisis de estabilidad interna	
				Análisis de estabilidad externa	
				Factor de seguridad	

### **3.3 Población y muestra de la investigación**

#### **3.3.1 Población**

Está constituida por todo el tramo desde el centro poblado de Moyaccasa progresiva 00+000 hasta el centro poblado de Pulcay progresiva 33+130 vía carrozable, distrito de Huaccana, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra de la investigación está conformada por la vía Moyaccasa – Pulcay en la progresiva 12+100 al 12+180 – 02 calicatas, distrito de Huaccana provincia de Chincheros departamento Apurímac.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas**

##### **La observación directa**

Es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar. La observación directa es un método de recolección de datos que consiste en observar al objeto de estudio dentro de una situación particular, esto se hace sin intervenir ni alterar el ambiente en el que el objeto se desenvuelve, de lo contrario los datos obtenidos no serían válidos.

##### **Información Indirecta**

“Recopilación de la información existente en fuentes bibliográficas (para analizar temas generales sobre la investigación a realizar), recurriendo a las fuentes originales en lo posible: éstas fueron libros escritos por autores expertos y páginas web de internet Puente” (2001).

##### **Observación de Campo y de Laboratorio**

“Según Vengaría, M. y Valdés la observación es el recurso principal de la observación descriptiva se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados. La investigación social y la educativa recurren en gran medida a esta modalidad”.

### **Observación Individual y de Equipo:**

Observación Individual es la que hace una sola persona, sea porque es parte de una investigación igualmente individual, o porque, dentro de un grupo, se le ha encargado de una parte de la observación para que la realice sola (Puente, 2001).

### **Observación de Equipo o de grupo**

“Según Puente, es en cambio, la que se realiza por parte de varias personas que integran un equipo o grupo de trabajo que efectúa una misma investigación, puede realizarse de varias maneras”:

#### **3.4.2 Instrumentos.**

##### **Guía de información**

Normas, redes de información, documentales, etc.

##### **Ficha de observación**

“Una ficha de observación, es un instrumento de recolección de datos, referido a un objetivo específico, en el que se determinan variables específicas. Una ficha de observación es un documento que intenta obtener la mayor información de algo, (sujeto) observándolo” Sabino (1992, p.111-113).

#### **3.5 Métodos de análisis de datos**

“Las técnicas de análisis cuantitativo son aquellas que sirven para describir, graficar y resumir los datos obtenidos con los instrumentos cuantitativos. Para el procesamiento de nuestros datos a nivel descriptivo se utilizarán tablas y gráficos a nivel descriptivo”.

#### **3.6 Aspectos éticos**

- Toda la información obtenida de libros, revistas, artículos científicos, etc. Para la presente investigación fueron obtenidas de fuentes confiables como Google académico, Alicia CONCITEC, Scielo, Dialnet.
- Esta investigación está basada en normas técnicas internacionales y nacionales lo cual avala los resultados obtenidos en la etapa del desarrollo de la tesis.
- La autenticidad de la presente investigación esta comprada mediante el programa anti plagio de Turnitin.

## IV PROCEDIMIENTO

### 4.1 Ubicación del área del proyecto

#### 4.1.1 Ubicación política.

- Departamento : Apurímac
- Provincia : Chincheros
- Distrito : Huaccana
- Sector : Moyaccasa - Pulcay

#### 4.1.2 Delimitación.

- Por el Norte : Centro poblado Oscollo
- Por el Sur : Centro poblado Chuyama
- Por el Este : Centro poblado Moyaccasa
- Por el Oeste : Centro poblado Pulcay

En la figura 22 se puede apreciar la ubicación de la zona de estudio.

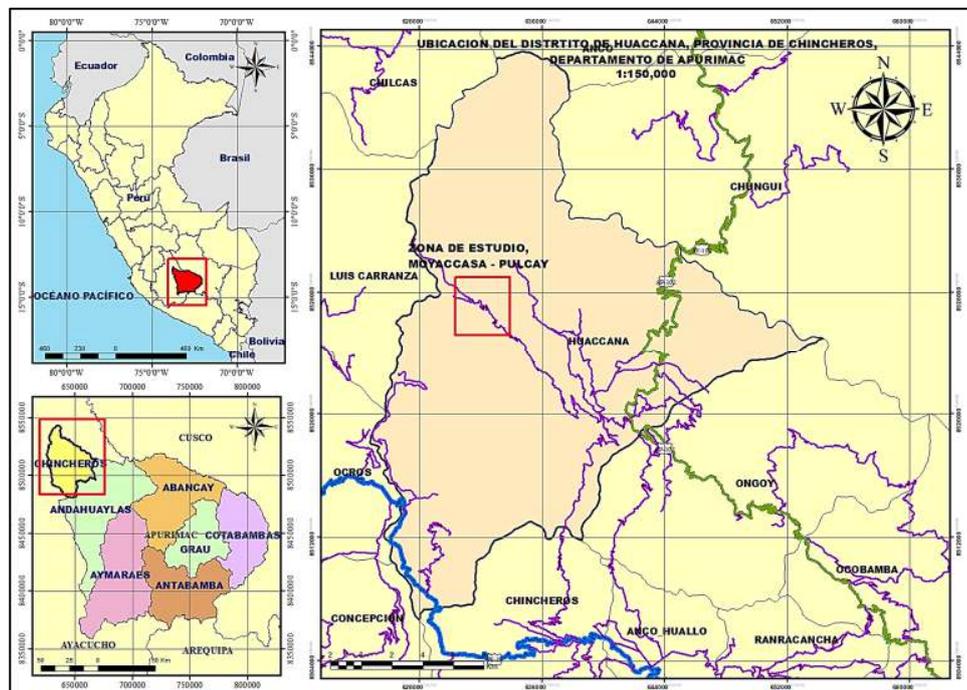


Figura 22. Ubicación geográfica del proyecto.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 4.1.3 Accesibilidad.

El acceso a la zona de estudio se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2**

*Vías de acceso a la zona de estudio*

Desde	A	Tipo de vía	Medio de transporte	Km.	Tiempo (horas)	Frec
Abancay	Andahuaylas	C. Afirmada	Vehic. motorizado	270	05:00	Diaria
Andahuaylas	Huaccana	C. Afirmada	Vehic. motorizado	87	04:30	Diaria
Huaccana	Pulcay	Trocha C.	Vehic. motorizado	35	01:30	Esporádico
Lima	Ayacucho	C. Asfaltada	Vehic. motorizado	450	08:00	Diaria
Ayacucho	Chincheros	C. Afirmada	Vehic. motorizado	180	08:00	Diaria
Chincheros	Huaccana	Trocha C.	Vehic. motorizado	40	02:00	Diaria
Huaccana	Pulcay	Trocha C.	Vehic. motorizado	35	01:30	Esporádico

Fuente: Elaboración propia, 2021

## 4.2 Aspectos físicos, geológicos y sísmicos del área de estudio

### 4.2.1 Aspectos físicos

#### 4.2.1.1 Topografía.

El Proyecto en estudio se encuentra emplazada en la cuenca del río Pampas margen derecho a una altitud promedio de 1850 m.s.n.m., presenta características topográficas típicas de cauce de río en los andes, su configuración predominante es empinada principalmente en sus límites superiores, sin embargo la población y sus áreas de cultivo se encuentran en sucesivas terrazas naturales rodeado de afloramientos rocosos y gigantescas cárcavas originadas por la erosión de las aguas del río Pampas, riachuelos y el viento por la ubicación misma que se encuentra; las pendientes van en proporción a la pendiente que sigue las aguas del Río Pampas con dirección al Noroeste, pendiente promedio de 6.50 %

#### 4.2.1.2 Ecología.

La ecología y el medio ambiente están conformados por áreas bastante extensas, suave o ligeramente onduladas hacia las partes bajas y presenta colinas con laderas de moderada a fuerte pendiente hacia las zonas altas. Esta zona de vida presenta

buenos pastos naturales, con presencia de arbustos menores. La potencialidad del área está en el mejoramiento de los pastos para la alimentación de los ganados, sin embargo, existe un deterioro de la superficie del suelo por el sobrepastoreo, así como la acción erosiva del viento y las aguas de escorrentía. En este sentido, es importante que la población realice prácticas culturales orientadas a la conservación y protección de los suelos, así como a incrementar la población forestal de la zona.

#### **4.2.1.3 Hidrología.**

El tramo en estudio (Moyaccasa – Pulcay) se halla dentro de la cuenca del Río Pampas (margen derecho), cuyo recorrido define el límite entre los departamentos de Apurímac y Ayacucho. Es típico el comportamiento del río pues sus crecidas mayores se dan en la estación lluviosa, mientras que en la estación seca el caudal baja hasta niveles mínimos. La cobertura vegetal de la cuenca vertiente, compuesta básicamente por especies arbustivas y escasos pastos; es homogénea en toda la cuenca, debido a que su altitud define unos pisos ecológicos uniformes en toda el área, correspondiéndoles la caracterización de región quechua. El relieve de la cuenca es heterogéneo, pudiéndose apreciar elevaciones de bastante altitud y configuración topográfica accidentada; así como depresiones y profundas quebradas.

#### **4.2.2 Geología general.**

##### **4.2.2.1 Geología regional.**

La información geológica fue desarrollada sobre la base del estudio de los cuadrángulos de San Miguel, publicado en el Boletín N° 83 por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú (INGEMMET). Adjudicado a la serie A de la carta Geológica Nacional. La zona está constituida por unidades sedimentarias y volcánicas, cuyas edades van desde el paleozoico inferior, hasta el cuaternario reciente. El área del proyecto se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Pampas, que corresponde a los límites entre Ayacucho y Apurímac. El río Pampas tiene un recorrido de Sur a Norte, siendo la ubicación del eje de la carretera en la margen derecha del río Pampas partiendo desde la localidad de Pulcay. El substratum rocoso está determinado por las rocas del pérmico superior volcánicas - sedimentarias del grupo Mitu y rocas del grupo Tarma y Copacabana.

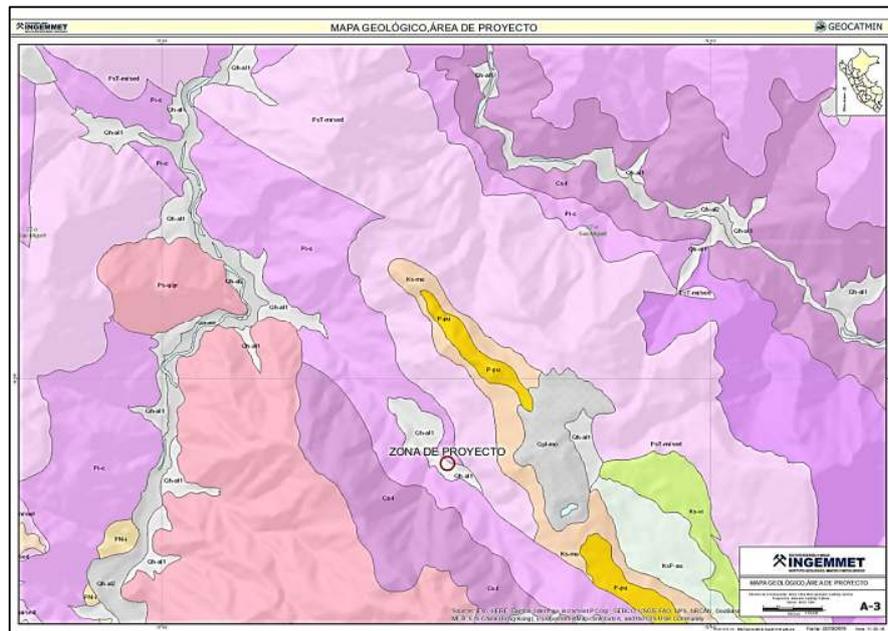
#### **4.2.2.2 Estratigrafía.**

##### **4.2.2.2.1 Depósito aluvial del holoceno (Qh-al).**

Son acumulaciones fluviales de materiales sueltos o poco consolidados de naturaleza heterogénea. Están conformados por gravas gruesas redondeadas, cubiertas por una matriz areno-limosa, que se depositaron durante el Holoceno.

Se ha identificado en el sector norte del área, con espesores medios, donde actualmente se desarrolla agricultura en pequeña escala.

En el perfil litológico se han mapeado suelos gravosos de clastos redondeados y bien graduados, la matriz es arenosa, medianamente densa y posee una litología muy heterogénea con 15 a 20% de cantos y bolos de hasta 30 cm.



*Figura 23. Mapa geológico del área de estudio.*

Fuente: GeoCantmin - Ingemet, 2021.

#### **4.2.2.3 Geología estructural.**

Durante los procesos tectónicos andinos, que se iniciaron en el Cretácico superior y perduraron durante todo el Cenozoico se activaron eventos tectónicos como: fallas inversas, fallas normales, etc. En la zona se presentan pliegues disarmónicos, como consecuencia del diferente grado de compatibilidad de las rocas con los esfuerzos compresivos al momento del levantamiento de los Andes, estas estructuras se

observan en la gran parte de la zona de proyecto. Por los alrededores de la cuenca del Pampas se ubica una falla regional de dirección noroeste – sur este, tiene traza más o menos recta, con altos ángulos de buzamiento y han originado anchas zonas de fracturamiento y cizallamiento, los cuales en algunos sectores pasan de los 200 m, esta falla presenta también ramificaciones en sus extremos originando complicaciones estructurales. Esta falla es llamada Falla San Miguel – Ocobamba por tener esta una distancia considerable desde la localidad de San Miguel hasta en poblado de Ocobamba, atravesando por las cercanías del poblado de Huaccana.

#### 4.2.3 Aspectos sísmicos.

RNE (2016) afirma que “a cada zona se asigna un factor PGA. Este factor (PGA) se interpreta con la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años”. La zona del proyecto de investigación se encuentra en la zona 2 con un factor  $Z=0.25$  según el RNE E.030

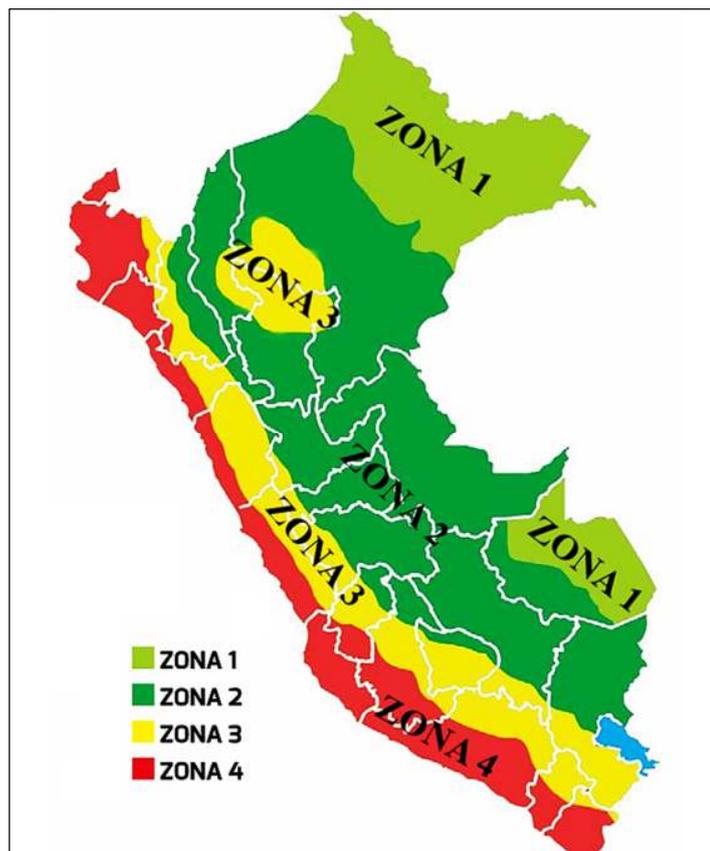


Figura 24. Zonificación sísmica del Perú  
Fuente: RNE – E.030, 2016

## **4.3 Estudios realizados**

### **4.3.1 Estudios topográficos**

#### ***4.3.1.1 Estudios topográficos en campo.***

Para la presente investigación se realizó el levantamiento topográfico en el distrito de Huaccana, Moyaccasa – Pulcay en la progresiva 12+100 con una brigada de dos asistentes y un topógrafo se realizó el levantamiento topográfico de la zona para poder obtener las curvas de nivel, las secciones transversales y el perfil longitudinal de la vía, para poder realizar los análisis necesarios en gabinete.



*Figura 25.* Levantamiento topográfico de la zona de estudio.  
Fuente: Propia, 2021

#### ***4.3.1.2 Estudios topográficos en gabinete.***

Luego del levantamiento topográfico de la zona de estudio, se procedió a descargar los puntos del levantamiento topográfico a la computadora y así poder trabajar con el programa AutoCAD Civil 3D – 2020. Una vez obtenido los puntos del levantamiento topográfico se realizaron las triangulaciones y las secciones transversales.



Figura 26. Dibujo del plano con el programa AutoCAD civil 3D 2020  
Fuente: Propia, 2021

## **4.3.2 Estudios geotécnicos**

### ***4.3.2.1 Estudios geotécnicos en campo.***

#### *4.3.2.1.1 Obtención de la muestra del suelo.*

Para la presente investigación se realizaron dos calicatas: la primera calicata se realizó en la progresiva 12+100 y la segunda calicata en la progresiva 12+180 ambas calicatas con una profundidad 1.5 metros la cual nos servirá para conocer la estratigrafía del suelo. Se realizó la toma de muestras alteradas de 20 kg aproximadamente de cada una de las calicatas para luego ser llevados al laboratorio y poder realizar los ensayos necesarios.



*Figura 27. Toma de muestra – Calicata N°01.*  
Fuente: Propia, 2021



*Figura 28. Toma de muestra – Calicata N°02.*  
Fuente: Propia, 2021

En la tabla 3 se presentan algunas de las características de las calicatas realizadas.

Tabla 3

Calicatas realizadas

Calicata	Progresiva (Km)	Muestra	Profundidad	Nivel Freático	Referencia
C-01	12+100	M-01	1.50m	NP	Pie de talud
C-02	12+180	M-02	1.50m	NP	Pie de talud

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.1.2 Densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.

Se realizó el ensayo del cono de arena in situ en las dos calicatas según la norma MTC E-117 siguiendo los procedimientos de la norma. Este método del cono de arena nos ayuda a determinar el peso unitario del suelo y la densidad del suelo en los diferentes estados, ya que estos datos son muy importantes para nuestros cálculos que realizaremos más adelante. Donde se obtuvo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 4.



Figura 29. Método del cono de arena in situ – Calicata N°1.  
Fuente: Propia, 2021.



Figura 30. Método del cono de arena in situ – Calicata N°2.  
Fuente: Propia, 2021.

**Tabla 4**

*Resumen de los resultados del ensayo de cono de arena*

Calicata	Densidad suelo húmedo in-situ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Densidad suelo seco in-situ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Peso unitario húmedo ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	Peso unitario seco ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	Contenido de humedad (%)
C-01	1.52	1.42	14.91	13.91	7.16
C-02	1.62	1.53	15.86	14.98	5.91

Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.3.2.2 Estudios geotécnicos en laboratorio.**

##### **4.3.2.2.1 Análisis granulométrico por tamizado.**

Se realizó el análisis granulométrico por tamizado según las normas: MTC E-107, AASHTO T-27 Y ASTM D-422. Donde la granulometría nos ayuda a saber el tipo de suelo según las clasificaciones SUCS y AASHTO, donde la muestra obtenida de las calicatas es llevada al laboratorio y pasan por un determinado número de tamices de diferentes diámetros, donde se procede con el respectivo ensayo.



Figura 31. Análisis granulométrico por tamizado, calicata N°1  
Fuente: Propia, 2021



Figura 32. Análisis granulométrico por tamizado - Calicata N°2  
Fuente: Propia, 2019

#### 4.3.2.2.2 Límites de consistencia.

Se procedió con el análisis de límites de consistencia de acuerdo a las normas: AASHTO T89, T90 y la norma ASTM D-4318 siguiendo los procedimientos de estas

normas. Este ensayo nos ayuda a determinar las características físicas de la muestra como son: El límite líquido, límite plástico y por último el índice de plasticidad de nuestro suelo, donde nos ayudara en nuestra clasificación de suelo.



Figura 33. Ensayo de límites de consistencia – Calicata N°01.  
Fuente: Propia, 2021



Figura 34. Ensayo de límites de consistencia – Calicata N°02.  
Fuente: Propia, 2021

**Tabla 5**

*Clasificación del material según SUCS*

Calicata	Límites de consistencia		Humedad natural (%)	Clasificación SUCS
	LL (%)	IP (%)		
C-01	35.65	14.88	7.16	GP-GC
C-02	20.04	4.51	5.91	GC-GM

Fuente: Elaboración propia.

**4.3.2.2.3 Ensayo de corte directo.**

Se realizó el ensayo de corte directo de acuerdo a la norma ASTM D 3080 siguiendo todos sus protocolos de procedimiento al ensayo. Los resultados que nos brinda este ensayo de la muestra alterada de corte de talud, de una profundidad de 1.5 metros, son el ángulo de fricción interna y la cohesión.



**Figura 35.** Ensayo de corte directo – Calicata N°01.  
Fuente: Propia, 2021



Figura 36. Ensayo de corte directo – Calicata N°02.  
Fuente: Propia, 2021

**Tabla 6**

*Resumen de ensayos especiales realizados en laboratorio (Corte Directo)*

Calicata	Progresiva (Km)	Muestra	Profundidad	Clasificación SUCS	Ángulo de fricción interna (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )
C-01	12+100	M-01	1.50m	GP-GC	28.92	0.15
C-02	12+180	M-02	1.50m	GC-GM	29.48	0.17

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Análisis de estabilidad del talud

El factor de seguridad en el marco del Reglamento Nacional de Edificaciones nos dice: RNE (2006), menciona que “el profesional responsable deberá evaluar la condición de estabilidad del talud para solicitaciones estáticas y sísmicas. El factor de seguridad mínimo de un talud deberá de ser 1,5 para solicitaciones estáticas y 1,25 para solicitaciones sísmicas”. Luego de haber obtenido los datos y resultados realizados se procede a buscar la sección más crítica del talud y el ensayo geotécnico con el resultado más bajo de las dos calicatas, se utilizará para el análisis de estabilidad de talud con el software slope versión 2018.

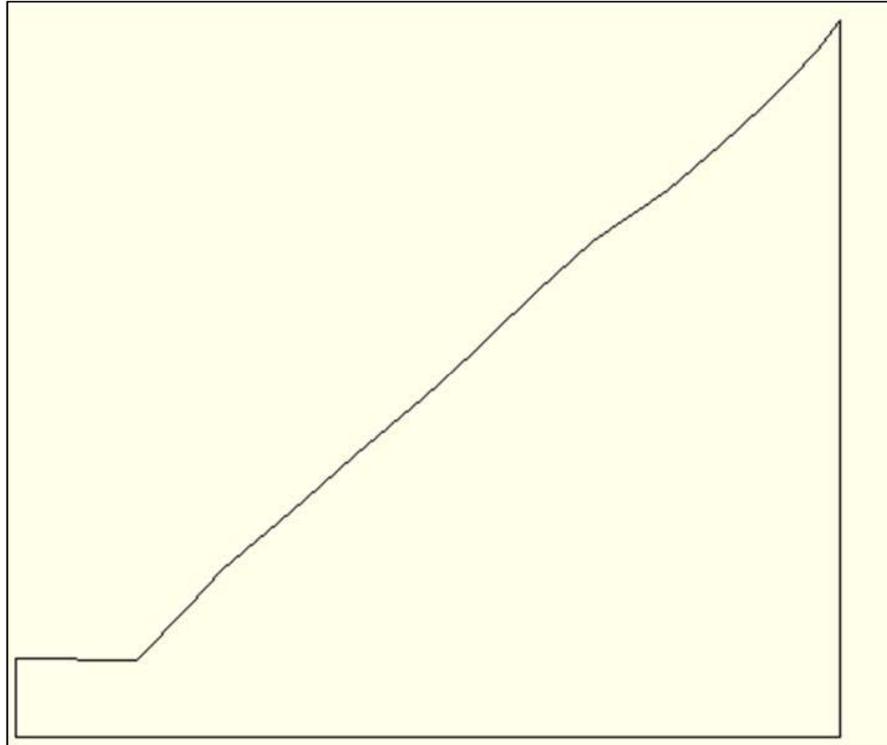


Figura 37. Sección crítica km 12+100  
Fuente: Propia, 2021

Donde el software Slope nos pide ciertos parámetros para el análisis del cálculo de estabilidad de talud como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Parámetros de análisis de estabilidad*

<b>Cohesión</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Ángulo de fricción</b> <b>(°)</b>	<b>Peso específico</b> <b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso saturado</b> <b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad máxima</b> <b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>
0.15	28.92	1418.43	1520.4	1930.0

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para la realización del análisis de estabilidad del talud seleccionado se usó la teoría de equilibrio límite, usando los métodos de Morgenstern-Price, Spencer y Fellenius.

#### **4.4.1 Análisis estático**

Para poder ver la hoja de cálculo del programa Slope V.18 se encuentra en el anexo D de este documento.

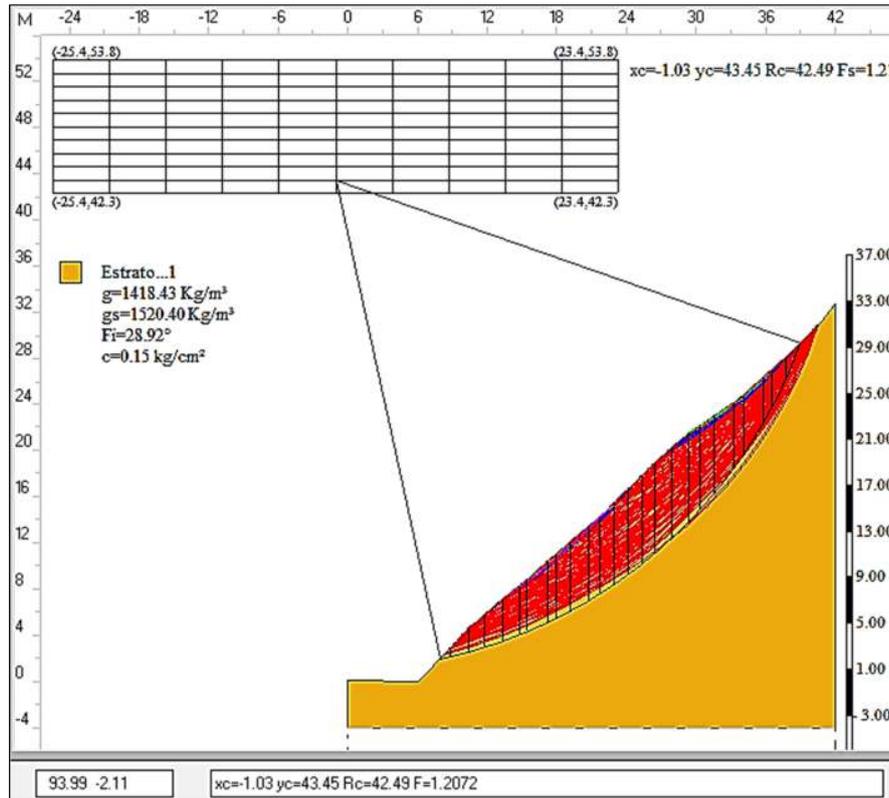


Figura 38. Análisis estático con Slope  
Fuente: Propia, 2021

En la siguiente tabla se presenta los distintos factores de seguridad obtenidos por los tres métodos analizados por el programa Slope v.18.

**Tabla 8**

*Resumen de los factores de seguridad – estático*

	Comparación de métodos de análisis			Según norma CE.020
	Morgenstern-Price	Spencer	Fellenius	
	FS	FS	FS	
sección crítica	1.21	1.21	1.17	No cumple

Fuente: Elaboración propia, 2021

#### 4.4.2 Análisis pseudoestático

Se procede con el análisis pseudoestático debido a que nuestro proyecto se encuentra en la zona sísmica 2, según la norma técnica peruana E.030 del RNE. Para la simulación del efecto sísmico en el análisis de estabilidad de talud, se tomará los

valores de aceleración sísmica horizontal del mapa de la página de Sencico ver figura 45, donde el valor sísmico horizontal es de 0.33g. Sin embargo, Marcunson (1981), citado en Suárez (2009) en su libro Deslizamientos: Análisis geotécnico “recomienda utilizar valores entre 1/3 y 1/2 de la aceleración máxima esperada con las respectivas amplificaciones” (p. 298). Por lo tanto, el factor sísmico horizontal de diseño será 0.11g, que es el 33.3% de la aceleración máxima horizontal de 0.33g para un 10% de ser excedida en 50 años.

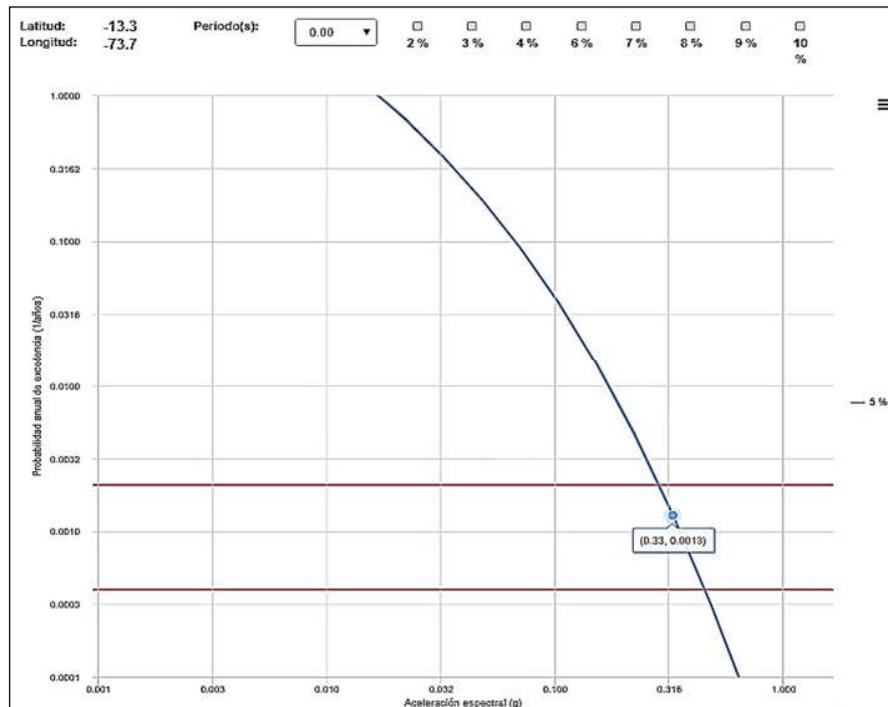


Figura 39. Mapa de aceleración espectral  
Fuente: Sencico, 2021.

#### 4.4.2.1 Análisis de talud considerando sismo.

Se realizó el análisis de estabilidad del talud con el método Morgenstern-Price en el modo pseudoestático con el software slope V.18, ver anexo D de este documento.

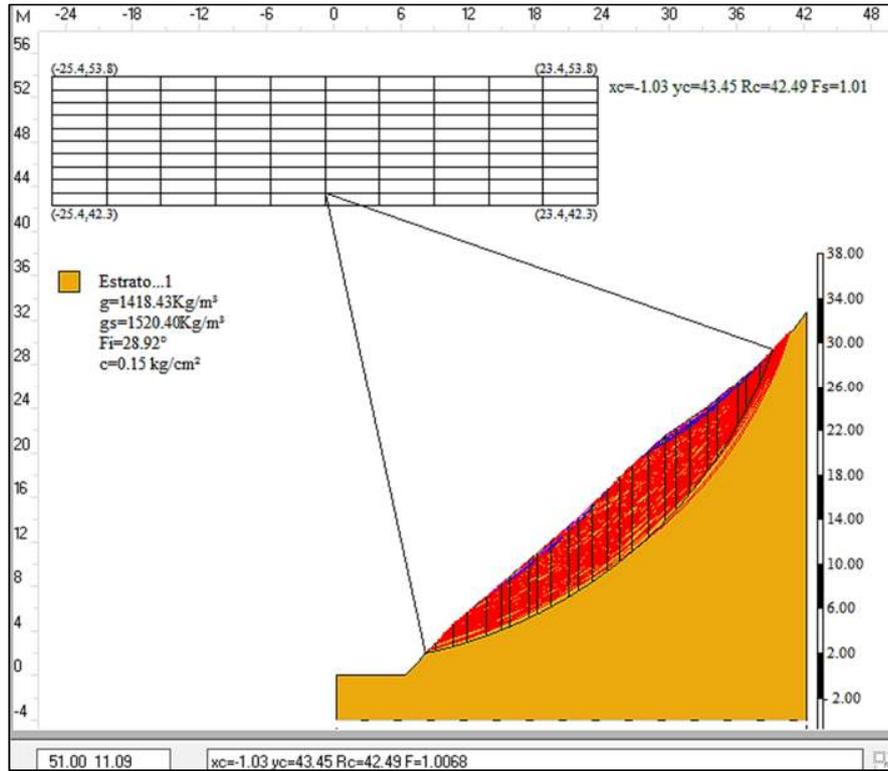


Figura 40. Análisis pseudoestático con el software slope  
Fuente: Propia, 2021

En la siguiente tabla se muestra los resultados analizados por diferentes métodos de análisis de estabilidad de taludes con el software Slope v.18.

**Tabla 9**

*Resumen de los factores de seguridad – pseudoestático*

	Comparación de métodos de análisis pseudoestático			Según norma CE.020
	Morgenstern-Price	Spencer	Fellenius	
	FS	FS	FS	
sección crítica	1.01	1.01	1.02	No cumple

Fuente: Elaboración propia, 2021

## 4.5 RESULTADOS

### 4.6 Propuesta de estabilidad del talud con muros de Geoceldas a gravedad

Se propone tres alternativas de estabilidad del talud con diferentes dimensiones geométricas de los muros de gravedad con geoceldas.

#### 4.6.1 Propuesta 1

Se plantea dos muros de gravedad con geoceldas, el primer muro está ubicado en el pie del talud y el segundo muro en el cuerpo del talud a una altura media ver figura 46, las dimensiones de estos muros de gravedad y los factores de seguridad se encuentran en la tabla 9. La hoja de cálculo se encuentra en el anexo E.

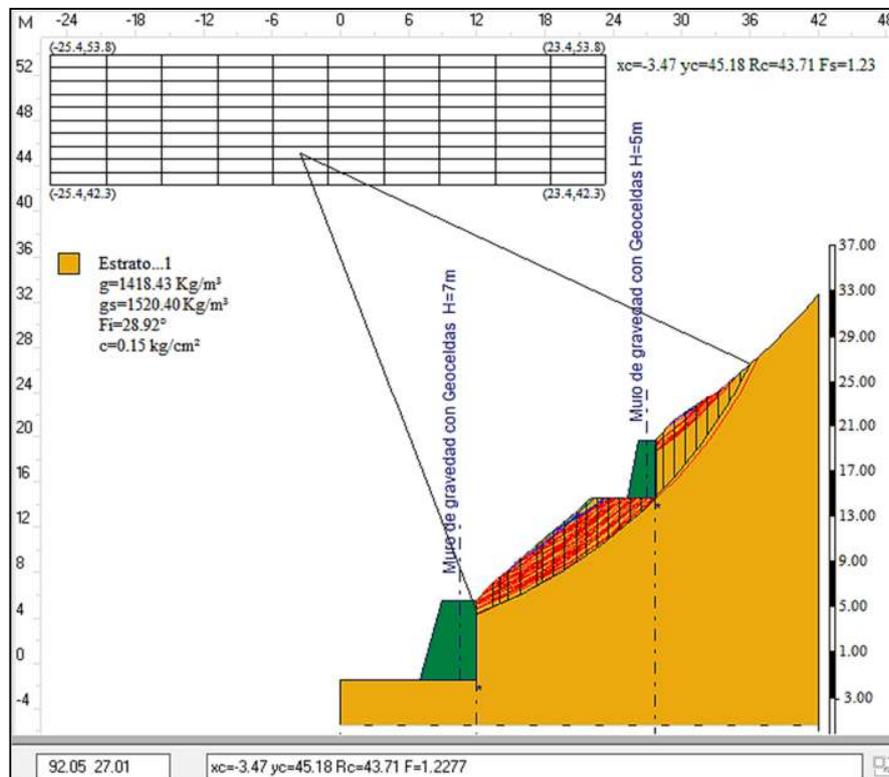


Figura 41. FS modo Pseudoestático, propuesta 1, método de Morgenstern–Price  
Fuente: Elaboración propia, 2021

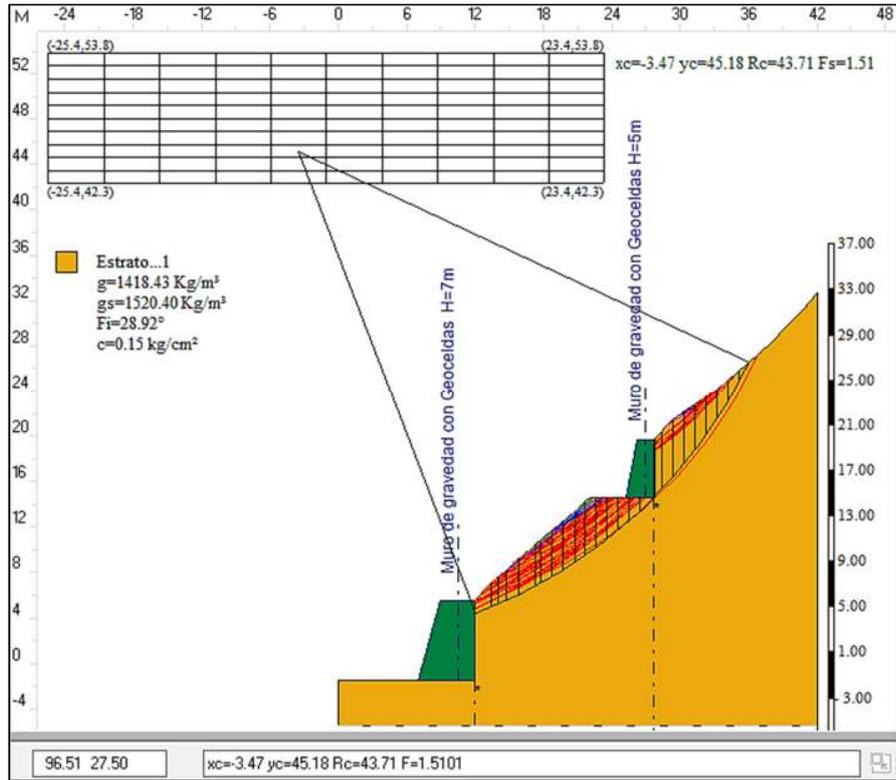


Figura 42. FS modo Pseudoestático, propuesta 2, método de Morgenstern-Price  
Fuente: Elaboración propia, 2021

**Tabla 10**

*Resultados del FS de la propuesta 1*

Propuesta de muro en talud	Ubicación de muro	Muro	Dimensiones			FS estático	FS pseudoestático
			altura	base	corona		
Propuesta 1	Pie de talud	m1	7.00	5.00	3.00	1.51	1.23
	Cuerpo de talud	m2	5.00	2.50	1.50		

Fuente: Elaboración propia, 2021

#### 4.6.2 Propuesta 2.

Análisis estático del Fs con el método Morgenstern-Price, las dimensiones de estos muros de gravedad con geocelidas se encuentran en la tabla 10 para poder ver la hoja de cálculo por el software Slope V.18 ver anexo F.

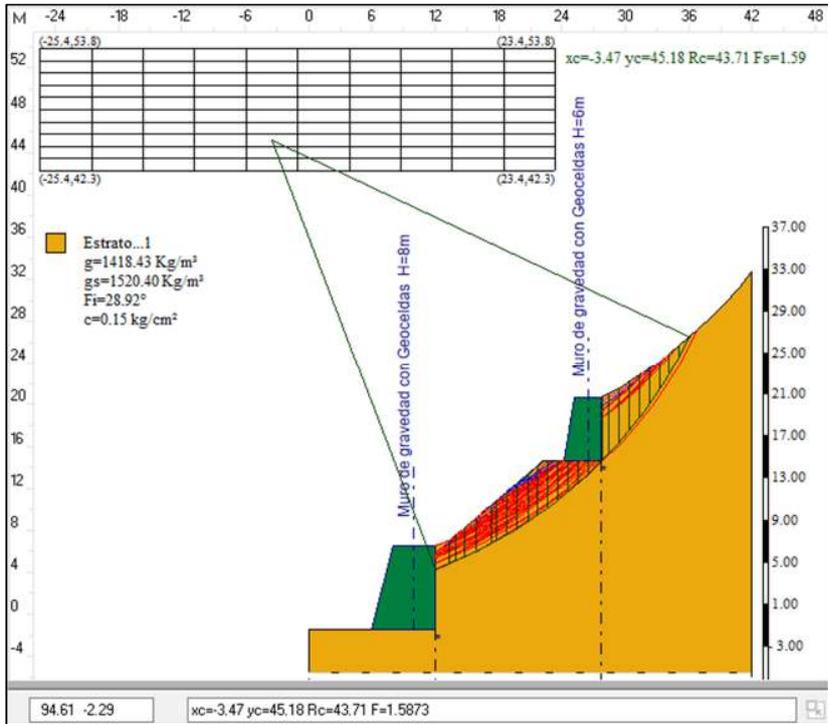


Figura 43. Análisis del FS modo pseudoestático, propuesta 2  
Fuente: Elaboración propia, 2021

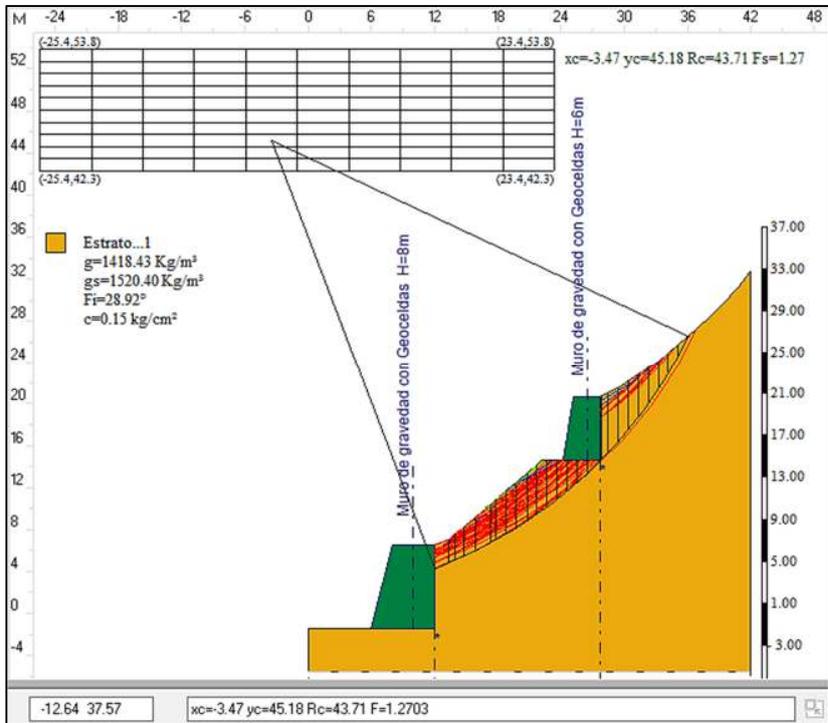


Figura 44. Análisis del FS modo pseudoestático, propuesta 2  
Fuente: Elaboración propia, 2021

**Tabla 11**

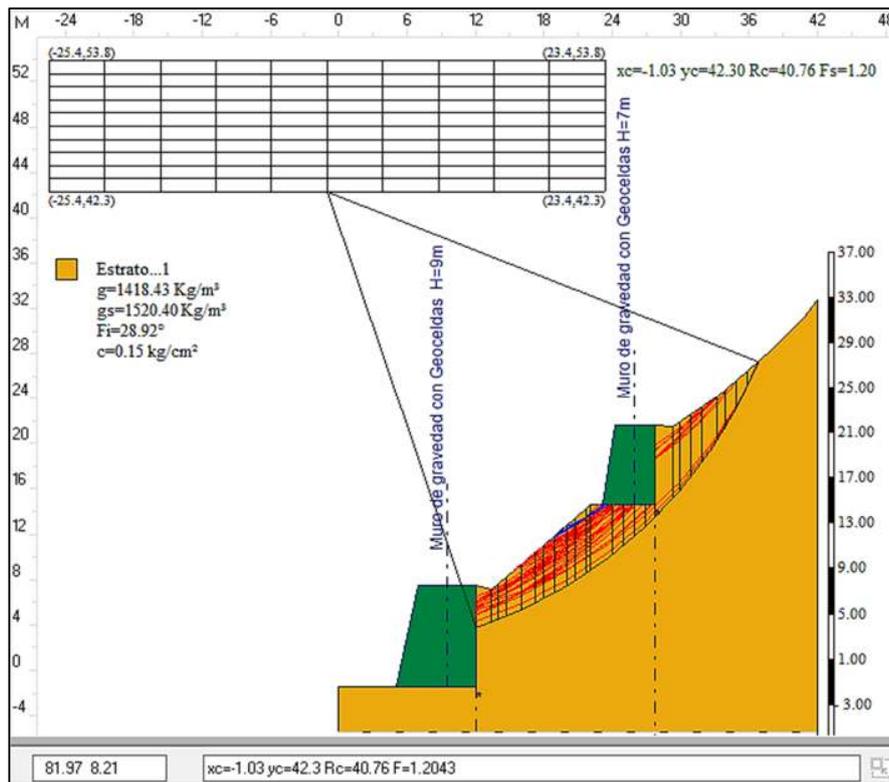
*Resultados del FS de la propuesta 2*

propuesta de muro en talud	Ubicación de muro	Muro	Dimensiones			FS estático	FS pseudoestático
			altura	base	corona		
propuesta 2	Pie de talud	m1	8.00	6.00	4.00	1.59	1.27
	Cuerpo de talud	m2	6.00	3.50	2.50		

Fuente: Elaboración propia, 2021

**4.6.3 Propuesta 3.**

Análisis Pseudoestático con el método Morgenstern-Price, las dimensiones de estos muros de gravedad con geoceladas se encuentran en la tabla 11, para poder ver la hoja de cálculo por el software Slope V.18 ver anexo G.



*Figura 45. Análisis del FS modo pseudoestático, propuesta 3*  
Fuente: Elaboración propia, 2021

## Análisis estático con el método Morgenstern-Price

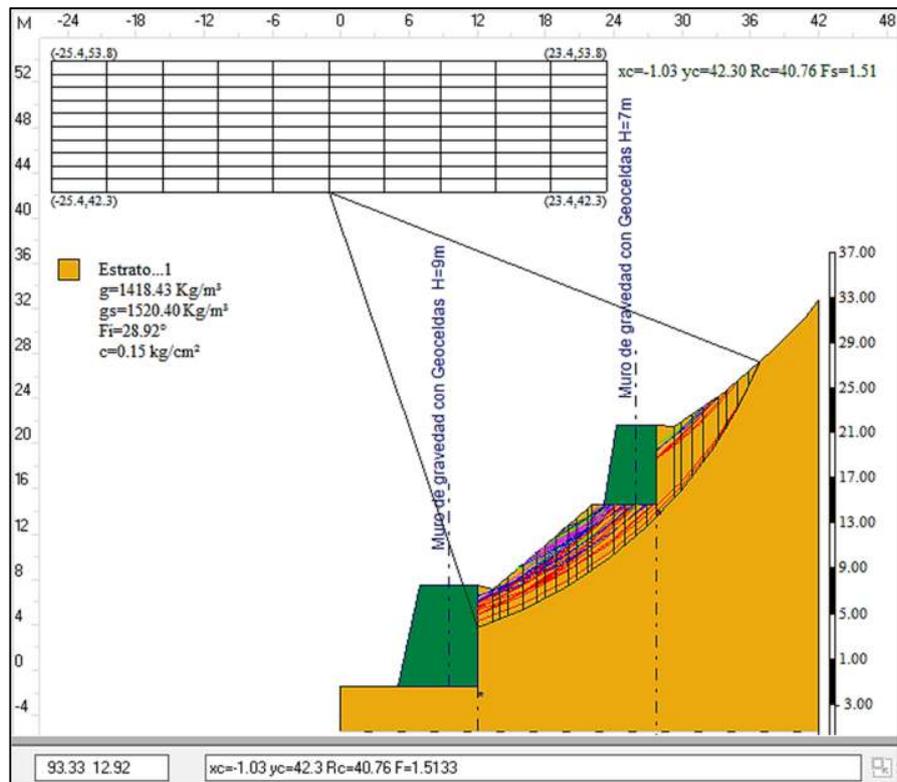


Figura 46. Análisis del FS modo estático, propuesta 3  
Fuente: Elaboración propia, 2021

**Tabla 12**

*Resultados del FS de la propuesta 3*

Propuesta de muro en talud	Ubicación de muro	Muro	Dimensiones			FS estático	FS pseudoestático
			altura	base	corona		
propuesta 3	Pie de talud	m1	9.00	7.00	5.00	1.51	1.20
	Cuerpo de talud	m2	7.00	4.50	3.50		

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la siguiente tabla se muestra un cuadro comparativo con diferentes dimensiones geométricas de los muros de gravedad con geocelidas propuestos.

**Tabla 13***Cuadro comparativo de propuestas con geocelda*

Propuesta de muro en talud	Ubicación de muro	Muro	Dimensiones			FS estático	FS pseudoestático
			altura	base	corona		
Propuesta 1	Pie de talud	M1	7.00	5.0	3.00	1.51	1.23
	Cuerpo de talud	M2	5.00	2.50	1.50		
Propuesta 2	Pie de talud	M1	8.00	6.00	4.00	1.59	1.27
	Cuerpo de talud	M2	6.00	3.50	2.50		
Propuesta 3	Pie de talud	M1	9.00	7.00	5.00	1.51	1.20
	Cuerpo de talud	M2	7.00	4.50	3.50		

Fuente: Elaboración propia, 2021

Por lo tanto, de acuerdo a las propuestas de los muros de contención a gravedad con geoceldas, se elige la propuesta 2 donde tiene las medidas más adecuadas, seguras y económicas. Una vez obtenido las dimensiones adecuadas del muro, se procedió a realizar el cuadro comparativo del factor de seguridad de la propuesta dos del talud, por los diferentes métodos de análisis.

**Tabla 14***Cuadro comparativo de métodos de análisis de estabilidad del talud*

Métodos de análisis	Análisis de talud con muro		según norma CE.020
	Estático	Pseudoestático	
Morgenstern-Price	1.59	1.27	cumple
Spencer	1.59	1.27	cumple
Fellenius	1.59	1.35	cumple

Fuente: Elaboración propia, 2021

Por lo tanto, se puede decir que los métodos de Morgenstern-Price y Spencer son los recomendados. En la tabla 14, se muestra el resumen de los factores de seguridad del cálculo de los muros de la propuesta 2. El primer muro de gravedad con geocelda va

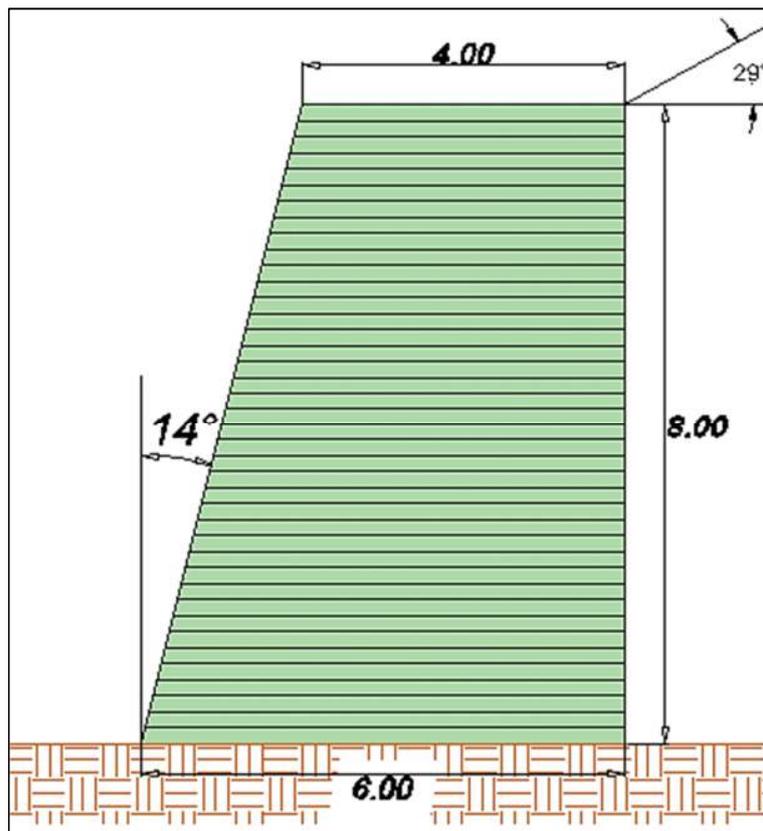
situado en el pie de talud donde ha sido analizado y cumple con los factores de seguridad. Ver hoja de cálculo en el anexo H.

**Tabla 15**

*Resumen del procedimiento de cálculo – muro de gravedad con geoceldas H=8m*

Cálculo de estabilidad externa	FS mínimo	FS	
Factor de seguridad a desplazamiento	1.50	23.9	cumple
Factor de seguridad al vuelco	1.50	2.00	cumple
Factor de seguridad a la capacidad de carga	2.00	10.2	cumple
Cálculo de estabilidad interna	FS mínimo	FS	
Factor de seguridad al desplazamiento interno	1.50	1.50	cumple
Factor de seguridad al vuelco interno	1.50	8.30	cumple

Fuente: Elaboración propia, 2021



*Figura 47. Muro de gravedad de geoceldas h=8m*

Fuente: Propia, 2021

El muro tipo dos está ubicada en el cuerpo del talud a media altura, donde también ha sido calculado y verificado por los factores de seguridad en la tabla 15, se presenta un resumen de los factores de seguridad del muro, en el anexo 8 se encuentra la hoja de cálculo de este muro.

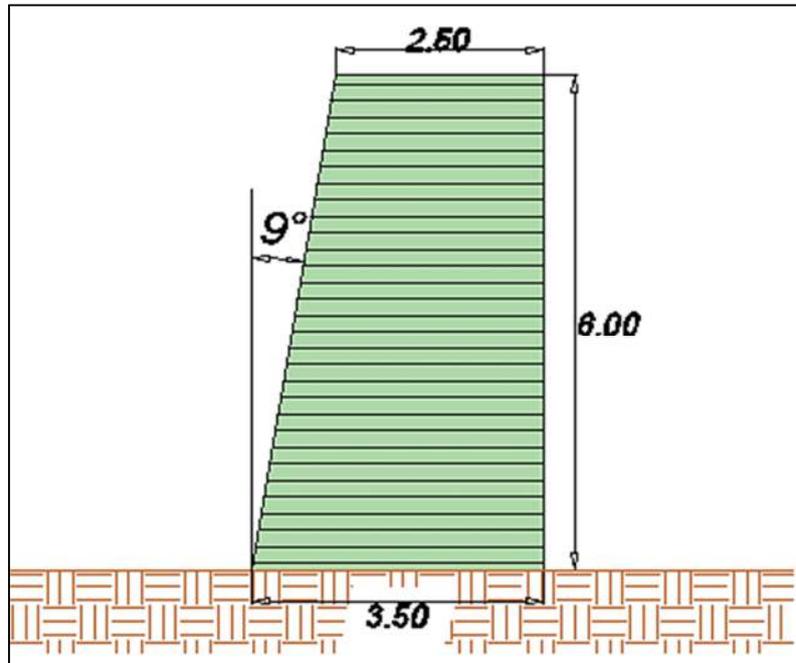


Figura 48. Muro de gravedad de Geoceldas h=6m  
Fuente: Propia, 2021

**Tabla 16**

*Resumen del procedimiento de cálculo – muro de gravedad con Geoceldas H=6m*

Cálculo de estabilidad externa	FS mínimo	FS	
Factor de seguridad a desplazamiento	1.50	13.5	cumple
Factor de seguridad al vuelco	1.50	2.40	cumple
Factor de seguridad a la capacidad de carga	2.00	7.30	cumple
Cálculo de estabilidad interna	FS mínimo	FS	
Factor de seguridad al desplazamiento interno	1.50	1.51	cumple
Factor de seguridad al vuelco interno	1.50	6.50	cumple

Fuente: Elaboración propia, 2019

#### **IV. DISCUSIÓN**

Nuestro trabajo de investigación se empeña en demostrar las ventajas de la aplicación de Geoceldas como alternativa de estabilización de talud y permitir la transitabilidad de la vía Moyaccasa – Pulcay.

Los resultados de la investigación confirman que el talud está conformado por un material grava pobremente gradada con mezcla areno-arcillosas GP-GC según la clasificación SUCS siendo este un material inestable, esto hace a que los constantes cambios climáticos el material se erosione y se deslice el talud por lo tanto ya no será un problema por mi diseño del muro de gravedad con Geoceldas.

Coincide con nuestros resultados los hallados por Fernández (2017), quien señala que los sistemas de geo bolsas y Geoceldas son los recubrimientos adecuados en cada caso planteado de control de erosión, se recomienda el uso conjunto de estos recubrimientos como parte de una solución integral en proyectos de ingeniería.

Asimismo, Aguilar (2016), concluye que las Geoceldas son el recubrimiento más adecuado, se recomienda el uso conjunto de estos recubrimientos como parte de una solución integral.

Por otro lado, encontramos que, para estabilizar el talud más crítico, se diseñaron muros de gravedad con Geoceldas, con un factor de seguridad de 1.59 en el análisis estático y 1.27 en el análisis pseudoestático, de esta manera se evitaran los accidentes por causa de los deslizamientos.

Mendoza (2016), concuerda con nuestros resultados, señalando que, de todos los análisis realizados, se eligió aquella sección que superaba ligeramente los criterios de aceptabilidad,  $FS > 1.3$  en condiciones estáticas y  $FS > 1.0$  en condiciones pseudoestáticas.

Nuestros hallazgos confirman que se diseñaron tres propuestas con muros de gravedad con Geoceldas de diferentes dimensiones, donde la propuesta dos tiene las medidas adecuadas según la tabla 12 y de esta manera minimizar los costos del proyecto descartando las sobredimensiones.

Valenzuela (2016), concluye de manera similar a nuestros resultados, que el empleo de geotextiles en la estabilización de un talud es más económico comparado con un recubrimiento de malla y mortero, debido a que se obtiene un beneficio económico de 52.33 % con respecto al otro método.

Asimismo, Fernández (2017), coincide con nuestros hallazgos señalando que su trabajo, muestra dos tipos de soluciones de ingeniería como protección contra la erosión mediante la utilización de geosintéticos en dos zonas costeras del Perú; los revestimientos: las geobolsas y las Geoceldas con relleno de material in situ y suelo orgánico respectivamente.

## **V. CONCLUSIONES.**

1. La aplicación de Geoceldas como alternativa de estabilización del talud en la vía Moyaccasa Pulcay en la progresiva 12+100 – 12+180 son ventajosas, puesto que su aplicación es de bajo costo, fácil de instalar y fácil de transportar con una durabilidad de 75 años, logrando de esta manera una mejor transitabilidad en la vía Moyaccasa – Pulcay.
2. Los resultados de la investigación de los estudios de mecánica de suelos confirman que el talud está conformado por un material grava pobremente gradada con mezcla areno-arcillosas GP-GC según la clasificación SUCS siendo este un material inestable, esto hace a que los constantes cambios climáticos el material se erosione y se deslice el talud por lo tanto ya no será un problema por mi diseño del muro de gravedad con Geoceldas.
3. Los resultados del presente estudio concluyen en que se diseñaron muros de gravedad con Geoceldas, logrando estabilizar el talud más crítico, con un factor de seguridad de 1.59 en el análisis estático y 1.27 en el análisis pseudoestático, de esta manera se evitaran los accidentes por causa de los deslizamientos.
4. Los resultados de este estudio concluyen que se diseñaron tres propuestas con muros de gravedad con Geoceldas de diferentes dimensiones, donde la propuesta dos tiene las medidas adecuadas según la tabla 12 y de esta manera minimizar los costos del proyecto descartando las sobredimensiones.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda al Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento incluir este nuevo método de estabilización de taludes con Geoceldas a la Norma Técnica Peruana CE.020 estabilización de suelos y taludes.
2. De igual manera se recomienda al Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento en la Norma Técnica Peruana CE.020 estabilización de suelos y taludes, especificar sobre los procedimientos y métodos de cálculo de los Factores de seguridad analizando en los modos (estático y pseudoestático) para taludes, ya que en la norma E.030 específica para edificaciones mas no para los análisis de taludes.
3. A la Universidad Cesar Vallejo se recomienda incluir este nuevo método de estabilización de taludes en su malla curricular, por ser de gran importancia en las obras de infraestructura vial.
4. En nuestra zona existe presencia de lluvias torrenciales por lo tanto se recomienda realizar cunetas de coronación en el talud, ya que nuestro material es inestable por la presencia de los factores climáticos, para así poder evitar desprendimientos y ocasionar accidentes a los que la transitan.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, D. A. (2016). *Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería. Lima - Peru: Tesis Universitaria.
- Catanzariti, F. (12 de 10 de 2017). *Geostru*. Obtenido de Geostru:  
<https://www.geostru.eu/es/la-mejor-aplicacion-para-el-analisis-de-la-estabilidad-de-taludes/>
- Crespo Villalaz, C. (2010). *Mecanica de suelos y cimentaciones* . mexico: Limusa.
- De Matteis, A. (Agosto de 2003). *Geologia y Geotecnia, estabilidad de taludes*.  
Obtenido de  
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>
- Fernández, B. L. (2017). *Sistemas de confinamiento con geosintéticos para el control de erosión- Caso estudio: Defensa costera en Colán-Piura y revegetación autosostenible en Asia-Lima*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola. Lima - Perú: Tesis Universitaria.
- García, J. R. (2017). *La estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra, provincia de Chota - Cajamarca 2017*. Universidad César Vallejo, Escuela profesional de Ingeniería Civil. Lima - Peru: Tesis Universitaria.
- Geo Products, LLC. (2018). Guía de Diseño e Instalación De GeoCeldas EnviroGrid para Control de Erosión. *Guía de Diseño e Instalación De GeoCeldas EnviroGrid para Control de Erosión*, 17. Recuperado el 2 de mayo de 2019, de

<https://www.geoproducts.org/wp-content/uploads/2018/08/Control-de-Erosi%C3%B3n-DisenoInstallacion-0818.pdf>

Geostru. (2015). *Geostru*. Obtenido de Geostru:

[http://www.geostru.com/Help\\_Online\\_2015/Slope/ES/index.html?geostru\\_software.htm](http://www.geostru.com/Help_Online_2015/Slope/ES/index.html?geostru_software.htm)

Gobierno de España - ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (martes de julio de 2019). *Geoceldas para el control de la erosión y otras aplicaciones*.

Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/0904712280144d7c\\_tcm30-152566.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/0904712280144d7c_tcm30-152566.pdf)

Gonzales de Vallejo, (. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson.

Hernández, S. R. (2004). *Metodología de la investigación*. La Habana: Felix Varela.

Jaime Suárez Díaz. (viernes de agosto de 2019). *Modelos determinísticos - resumido*. Obtenido de Analisis de estabilidad de taludes:

<http://www.erosion.com.co/analisis-y-modelacion-de-deslizamientos/133-analisis-de-estabilidad-modelos-deterministicos.html>

José Daniel Ale Véliz. (2019). Muro de contencion de suelo reforzado mediante geoceldas. *Capitulo 3: Metodos de estabilizacion de taludes con suelos reforzados*, 68.

Mendoza, J. A. (2016). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAY*. Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería. Lima - Perú: Tesis Universitaria.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2018). "GLOSARIO DE TÉRMINOS" DE USO FRECUENTE EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL. Lima: MTC.

Puente, W. (2001). *RRPPnet*. Obtenido de RRPPnet:

<http://www.rrppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>

Rico, A., & Del Castillo, H. (2006). *Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas, Volumen 1*. México: Limusa.

RNE. (2012). *Norma Técnica CE.020 estabilización de suelos y taludes*. Lima - Perú: El Peruano.

RNE. (2016). *Norma Técnica E.030 diseño sismoresistente*. Lima - Peru: El Peruano.

Rodríguez, F. (2008). *Repositorio UNSA*. Obtenido de Repositorio UNSA:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6253/EDMoccrle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rojas, S. (2009). *Diseño de muros de contención sector la Aguada comunal de Corral*. Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles. Valdivia - Chile: Tesis Universitaria.

Sabino. (1992).

Sánchez, & Reyes. (2006). *Repositorio UNSA*. Obtenido de Repositorio UNSA:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5487/ENMcomana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, & Reyes. (2006). *Issuu*. Obtenido de Issuu:

[https://issuu.com/luispedra/docs/sesion\\_12\\_-\\_tipos\\_y\\_m\\_\\_todos\\_de\\_inv](https://issuu.com/luispedra/docs/sesion_12_-_tipos_y_m__todos_de_inv)

Suarez Diaz, J. (1998). *Deslizamiento y estabilizacion de taludes en zonas tropicales*.

Colombia: Ingenieria de suelos LDTA.

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos: Analisis geotécnico*. Colombia: U. Industrial de Santander.

TDM GRUPO. (14 de Abril de 2019). *TDM Geosintéticos*. Obtenido de TDM

Geosintéticos: <http://www.tdm.com.pe/products-geosinteticos-geoceldas.php>

Valenzuela, A. G. (2016). *Estudio y diseño geométrico de la vía que une las comunidades Miñarica Bajo y Carmelitas, perteneciente a la parroquia Santa Rosa cantón Ambato, provincia de Tungurahua y estabilización de taludes por medio de geotextiles*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato - Ecuador: Tesis Universitaria.

## **ANEXOS**

**Anexo A. Matriz de consistencia**

“La estabilidad de talud en la vía Moyaccasa – Pulcay con Geoceldas como alternativa de estabilización distrito Huaccana, Chincheros, Apurímac 2021”.						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p><b><u>PROBLEMA PRINCIPAL</u></b></p> <p>¿Cuáles son las ventajas de la aplicación de Geoceldas como alternativa de estabilización de talud y permitir la transitabilidad de la vía Moyaccasa – Pulcay?</p>	<p><b><u>OBJETIVO GENERAL</u></b></p> <p>Determinar las ventajas de la aplicación de Geoceldas como alternativa de estabilización de talud y permitir la transitabilidad de la vía Moyaccasa – Pulcay.</p>	<p><b><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></b></p> <p>Estabilizando el talud con Geoceldas mejoro la transitabilidad de la vía Moyaccasa – Pulcay.</p>	<p><b>A. Variable Independiente:</b></p> <p>V1: Talud</p>	<p>Estabilidad de taludes</p> <p>Métodos de equilibrio limite</p> <p>Factores geotécnicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie de falla</li> <li>• Factor de seguridad</li> <li>• Método de Fellenius</li> <li>• Método Spencer</li> <li>• Método Morgenstern-Price</li> <li>• Angulo de fricción</li> <li>• Cohesión</li> <li>• Peso unitario</li> <li>• Tipo de suelo</li> </ul>	<p><b>1. Tipo de Estudio:</b> Tecnológica</p> <p><b>2. Diseño de Investigación:</b> Cuantitativo – No experimental</p> <p><b>3. Ámbito de Estudio:</b> Análisis de estabilidad de talud y propuesta de solución con geoceldas en las progresivas 12+100 – 12+180 Moyaccasa, Pulcay.</p> <p><b>4. Población:</b> Está constituida por todo el tramo desde el centro poblado de Moyaccasa progresiva 00+000 hasta el centro poblado de Pulcay progresiva 33+130 vía carrozable, distrito de Huaccana, provincia de Chincheros, Región Apurímac.</p>
<p><b><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera los deslizamientos de talud, evitan el paso de los vehículos en la vía Moyaccasa – Pulcay?</li> </ul>	<p><b><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar la mecánica de suelos del talud para conocer sus propiedades</li> </ul>	<p><b><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiando la mecánica de suelos del talud se dará estabilidad al talud y transitabilidad a los</li> </ul>	<p><b>B. Variable Dependiente:</b></p> <p>V2: Geoceldas</p>	<p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predimensionamiento</li> <li>• Análisis de estabilidad interna</li> <li>• Análisis de estabilidad externa</li> <li>• Factor de seguridad</li> </ul>	

	y dar transitabilidad a la vía Moyaccasa – Pulcay.	vehículos en la vía Moyaccasa – Pulcay.					<p><b>5. Muestra:</b> La muestra de la investigación está conformada por la vía Moyaccasa – Pulcay en la progresiva 12+100 al 12+180 – 02 calicatas, distrito de Huaccana, provincia de Chincheros del departamento de Apurímac.</p> <p><b>6. Técnica</b> La observación directa, información directa, observación de campo y de laboratorio, observación individual y de equipo.</p> <p><b>7. Instrumento</b> Guía de información y ficha de observación.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera, estabilizando el talud, se permitirá la transitabilidad en la vía Moyaccasa – Pulcay?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilizar el talud de la vía Moyaccasa – Pulcay y de esta manera evitar accidentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilizando el talud de la vía Moyaccasa – Pulcay, evito accidentes.</li> </ul>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En qué medida, los resultados de la alternativa de solución al deslizamiento de talud, determina la mejor técnica, diseño y economía, ¿para la estabilización del talud en la vía Moyaccasa – Pulcay?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar alternativas de estabilización con Geoceldas y a si minimizar los costos en la vía Moyaccasa – Pulcay.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñando alternativas de estabilización con Geoceldas en la vía Moyaccasa – Pulcay, se minimizan los cotos del proyecto.</li> </ul>					

**Anexo B. Panel fotográfico, estado situacional de la vía**



*Figura 49.* En la vía Moyaccasa –Pulcay progresiva 12+100 al 12+180 se observa el deslizamiento del talud pudiendo ocasionar accidentes a los que la transitan.



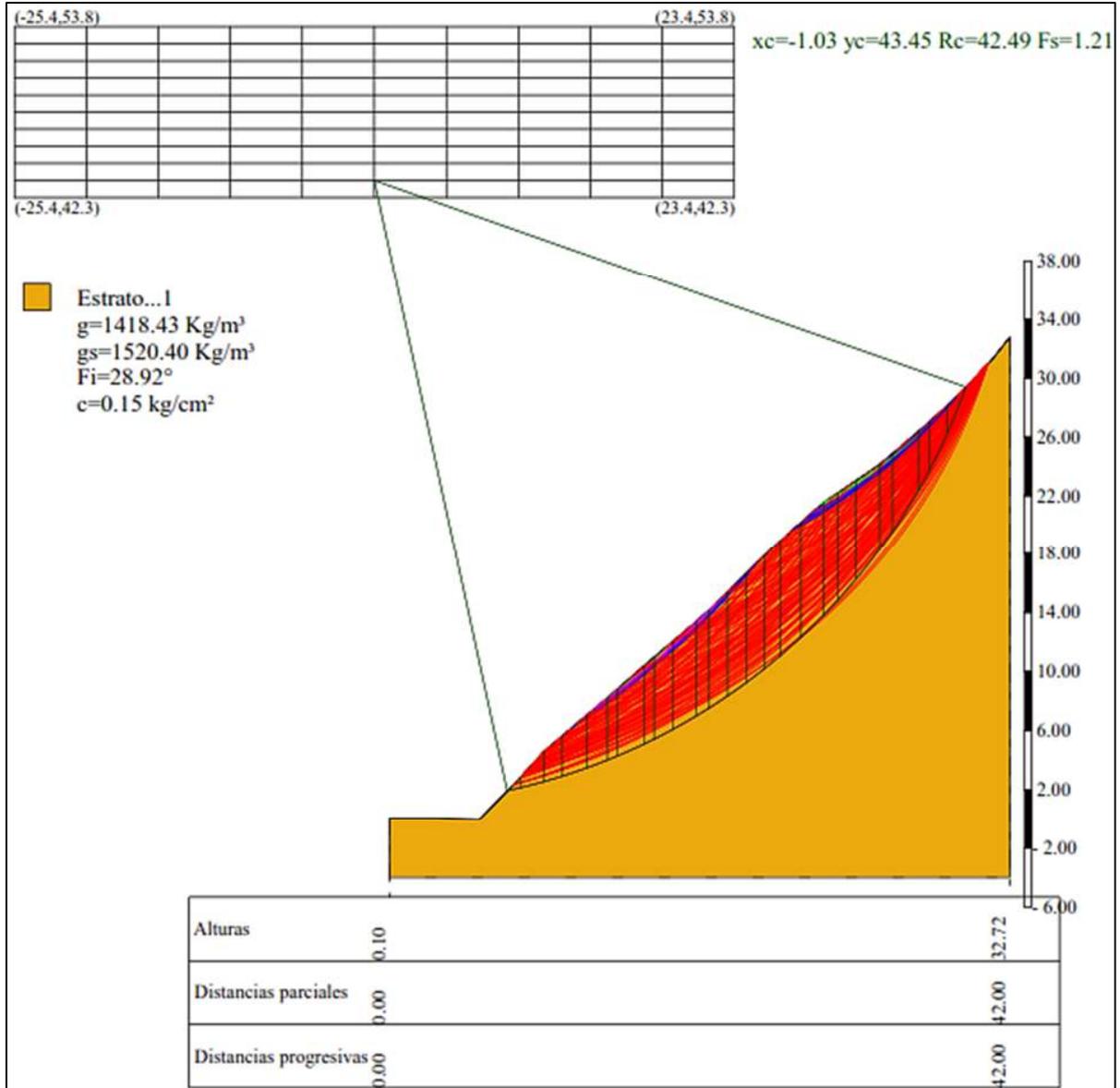
*Figura 50.* Ya que este es una vía de gran importancia, se realizaron las limpiezas de los deslizamientos del talud en la plataforma de rodadura con las maquinarias.



*Figura 51.* Quedando la vía de esta manera donde solo se realizó la limpieza del material deslizado mas no una algún método de estabilización, donde este talud es estable pero no cumple con los factores de seguridad establecido por el RNE CE.020 siendo este una trampa mortal para quienes la transitan por eso ya no se puede esperar tanto a que pase algún accidente.

## Anexo C. Análisis del FS del talud con el software Slope V-2018

### ➤ Análisis estático



## Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Zona	Huaccana, Chincheros, Apurímac
Lat./Long.	-13.4/-73.7
Normativa	Usuario
Número de estratos	1.0
Número rebanadas	25.0
Grado de seguridad aceptable	1.5
Coficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	-25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs	23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys	53.84 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

### Vertices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.1
2	6.1	0.0
3	8.87	2.85
4	10.44	4.59
5	13.38	7.07
6	14.76	8.23
7	17.26	10.41
8	20.78	13.4
9	21.67	14.18
10	24.16	16.63
11	26.44	18.88
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

### Coficientes de acciones parciales

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

### Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40	

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.21
Abscisa centro superficie	-1.03 m
Ordenada centro superficie	43.45 m
Radio superficie	42.49 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

**xc = -1.033 yc = 43.452 Rc = 42.485 Fs=1.207**  
 Lambda = 0.614

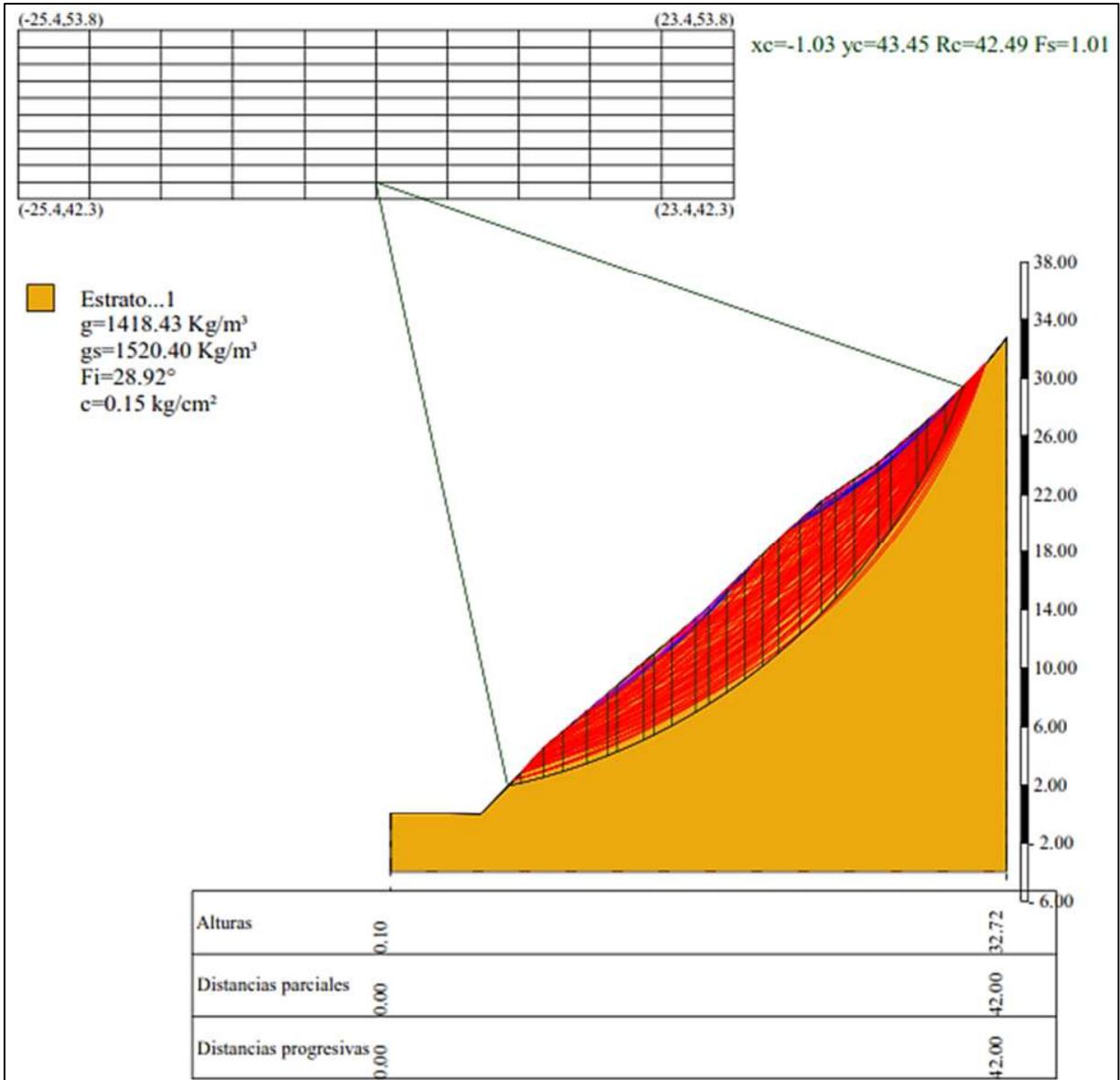
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.89	12.86	0.91	450.04
2	1.57	14.57	1.62	3081.34
3	1.27	16.56	1.33	4321.36
4	1.67	18.64	1.76	7514.77
5	1.37	20.82	1.47	7623.07
6	0.68	22.31	0.74	4239.14
7	1.82	24.16	2.0	12749.18
8	0.66	26.0	0.74	5103.31
9	1.24	27.44	1.4	10141.5
10	1.62	29.64	1.86	14182.99
11	0.88	31.6	1.04	8177.77
12	1.23	33.29	1.47	11947.96
13	1.26	35.32	1.55	12929.56
14	1.22	37.4	1.54	13082.39
15	1.06	39.37	1.37	11657.61
16	1.43	41.57	1.91	15896.42

17	1.51	44.28	2.11	16701.84
18	0.98	46.66	1.42	10454.79
19	1.24	48.9	1.89	12473.61
20	1.63	51.95	2.64	14556.41
21	0.86	54.73	1.49	6796.72
22	1.79	58.02	3.38	11988.9
23	0.7	61.28	1.45	3631.49
24	1.24	64.18	2.85	4704.74
25	1.24	68.37	3.37	1789.65

### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1100.68	1793.15	0.0	0.0	-235.15	1023.5	0.0
2	2490.13	4056.72	1100.68	1793.15	2206.89	3024.81	0.0
3	3894.44	6344.51	2490.13	4056.72	3448.06	3226.85	0.0
4	5385.27	8773.24	3894.44	6344.51	6484.24	5159.27	0.0
5	6669.7	10865.75	5385.27	8773.24	6668.46	4879.81	0.0
6	7731.73	12595.91	6669.7	10865.75	3596.11	2562.48	0.0
7	8740.64	14239.55	7731.73	12595.91	11384.79	7692.43	0.0
8	9609.81	15655.53	8740.64	14239.55	4426.33	2942.76	0.0
9	10252.61	16702.73	9609.81	15655.53	8912.4	5819.15	0.0
10	10467.34	17052.55	10252.61	16702.73	12313.3	7946.02	0.0
11	10842.08	17663.05	10467.34	17052.55	6966.25	4476.86	0.0
12	10770.51	17546.45	10842.08	17663.05	9983.64	6396.26	0.0
13	10386.75	16921.26	10770.51	17546.45	10501.35	6727.38	0.0
14	9760.99	15901.82	10386.75	16921.26	10270.47	6615.35	0.0
15	9129.29	14872.71	9760.99	15901.82	8848.39	5752.42	0.0
16	7634.32	12437.23	9129.29	14872.71	11394.11	7583.84	0.0
17	5674.83	9244.98	7634.32	12437.23	11131.06	7713.33	0.0
18	4676.56	7618.67	5674.83	9244.98	6677.19	4824.6	0.0
19	3095.54	5043.01	4676.56	7618.67	7298.67	5689.6	0.0
20	781.74	1273.54	3095.54	5043.01	7429.24	6676.64	0.0
21	268.52	437.45	781.74	1273.54	3537.83	3471.28	0.0
22	-1800.58	-2933.37	268.52	437.45	4586.17	6299.9	0.0
23	-1405.3	-2289.4	-1800.58	-2933.37	2120.02	2767.72	0.0
24	-1285.98	-2095.02	-1405.3	-2289.4	2172.45	4539.55	0.0
25	90.9	148.09	-1285.98	-2095.02	2237.34	5214.51	0.0

➤ **Análisis pseudoestático**



### Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Zona	Huaccana, Chincheros, Apurimac
Lat./Long.	-13.4/-73.7
Normativa	Usuario
Número de estratos	1.0
Número rebanadas	25.0
Grado de seguridad aceptable	1.25
Coficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	-25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs	23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys	53.84 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

### Sismo

Coficiente sísmico horizontal	0.11
Coficiente sísmico vertical	0.07

### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.1
2	6.1	0.0
3	8.87	2.85
4	10.44	4.59
5	13.38	7.07
6	14.76	8.23
7	17.26	10.41
8	20.78	13.4
9	21.67	14.18
10	24.16	16.63
11	26.44	18.88
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

### Coeficientes de acciones parciales

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

### Coeficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40	

### Resultados análisis talud [NTP E.030]

Fs mínimo encontrado	1.01
Abscisa centro superficie	-1.03 m
Ordenada centro superficie	43.45 m
Radio superficie	42.49 m

**xc = -1.033 yc = 43.452 Rc = 42.485 Fs=1.007**

Lambda = 0.846

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.89	12.86	0.91	450.04
2	1.57	14.57	1.62	3081.34
3	1.27	16.56	1.33	4321.36
4	1.67	18.64	1.76	7514.77
5	1.37	20.82	1.47	7623.07
6	0.68	22.31	0.74	4239.14
7	1.82	24.16	2.0	12749.18
8	0.66	26.0	0.74	5103.31
9	1.24	27.44	1.4	10141.5
10	1.62	29.64	1.86	14182.99
11	0.88	31.6	1.04	8177.77
12	1.23	33.29	1.47	11947.96
13	1.26	35.32	1.55	12929.56
14	1.22	37.4	1.54	13082.39

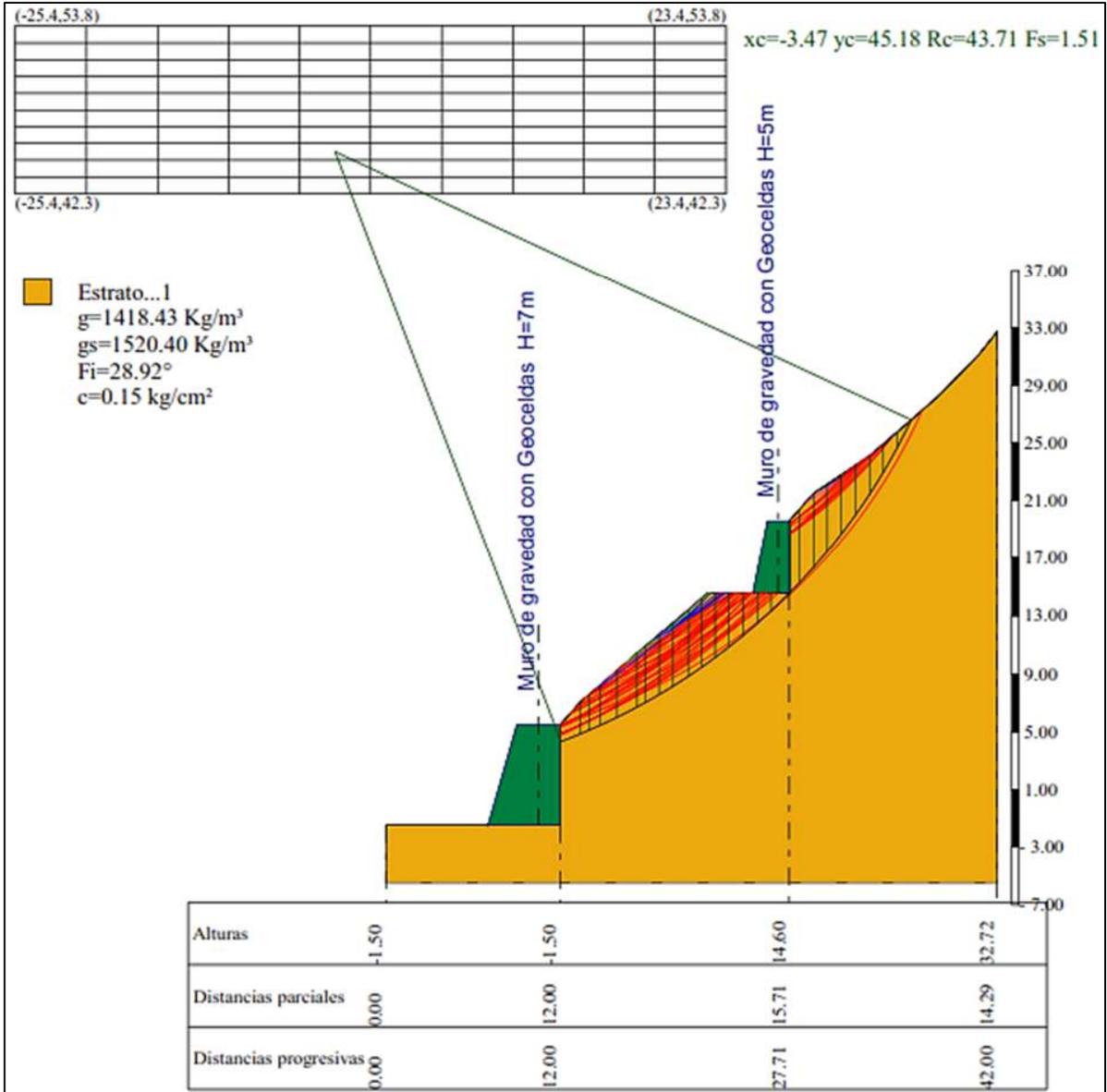
15	1.06	39.37	1.37	11657.61
16	1.43	41.57	1.91	15896.42
17	1.51	44.28	2.11	16701.84
18	0.98	46.66	1.42	10454.79
19	1.24	48.9	1.89	12473.61
20	1.63	51.95	2.64	14556.41
21	0.86	54.73	1.49	6796.72
22	1.79	58.02	3.38	11988.9
23	0.7	61.28	1.45	3631.49
24	1.24	64.18	2.85	4704.74
25	1.24	68.37	3.37	1789.65

### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	2026.39	2395.85	0.0	0.0	-983.78	816.35	0.0
2	4419.44	5225.2	2026.39	2395.85	1501.38	3239.53	0.0
3	6755.32	7986.96	4419.44	5225.2	2844.68	3537.81	0.0
4	9093.93	10751.94	6755.32	7986.96	6022.63	5932.53	0.0
5	11060.87	13077.51	9093.93	10751.94	6314.06	5656.3	0.0
6	12755.03	15080.55	11060.87	13077.51	3212.39	2861.79	0.0
7	14097.83	16668.16	12755.03	15080.55	11297.59	9175.19	0.0
8	15428.7	18241.68	14097.83	16668.16	4155.4	3379.63	0.0
9	16258.9	19223.24	15428.7	18241.68	8831.73	6932.74	0.0
10	16319.82	19295.27	16258.9	19223.24	12400.88	9575.14	0.0
11	16786.2	19846.67	16319.82	19295.27	6873.54	5316.77	0.0
12	16485.51	19491.17	16786.2	19846.67	10021.9	7689.95	0.0
13	15705.69	18569.17	16485.51	19491.17	10569.13	8103.15	0.0
14	14580.98	17239.4	15705.69	18569.17	10331.73	7965.26	0.0
15	13498.41	15959.46	14580.98	17239.4	8855.43	6900.88	0.0
16	11091.28	13113.46	13498.41	15959.46	11476.13	9137.85	0.0
17	8044.38	9511.04	11091.28	13113.46	11177.45	9273.55	0.0
18	6530.46	7721.11	8044.38	9511.04	6577.85	5730.06	0.0
19	4182.36	4944.9	6530.46	7721.11	7191.92	6763.1	0.0
20	823.81	974.0	4182.36	4944.9	7281.62	7924.12	0.0
21	126.76	149.88	823.81	974.0	3317.99	4041.34	0.0
22	-2738.81	-3238.15	126.76	149.88	4319.23	7406.95	0.0
23	-2118.44	-2504.68	-2738.81	-3238.15	1862.2	3176.95	0.0
24	-1867.52	-2208.01	-2118.44	-2504.68	1884.81	5284.98	0.0
25	90.63	107.16	-1867.52	-2208.01	1953.27	6096.19	0.0

**Anexo D. Análisis del FS del talud – Propuesta 1 con el software Slope V-2018**

➤ **Análisis estático**



### Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Zona	Huaccana, Chincheros, Apurimac
Lat./Long.	-13.4/-73.7
Normativa	Usuario
Número de estratos	1.0
Número rebanadas	25.0
Grado de seguridad aceptable	1.5
Coficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	-25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs	23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys	53.84 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.5
2	12.0	-1.5
3	12.0	5.5
4	13.38	7.07
5	14.76	8.23
6	17.26	10.41
7	20.78	13.4
8	21.67	14.18
9	22.09	14.6
10	27.71	14.6
11	27.71	19.6
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

### Coficientes de acciones parciales

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

### Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40	

### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	12	-1.5	0	0	7	3	5	1930
2	27.71	14.6	0	0	5	1.5	2.5	1930

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.51
Abscisa centro superficie	-3.47 m
Ordenada centro superficie	45.18 m
Radio superficie	43.71 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

$$xc = -3.472 \quad yc = 45.183 \quad Rc = 43.711 \quad Fs=1.51$$

$$\text{Lambda} = 0.599$$

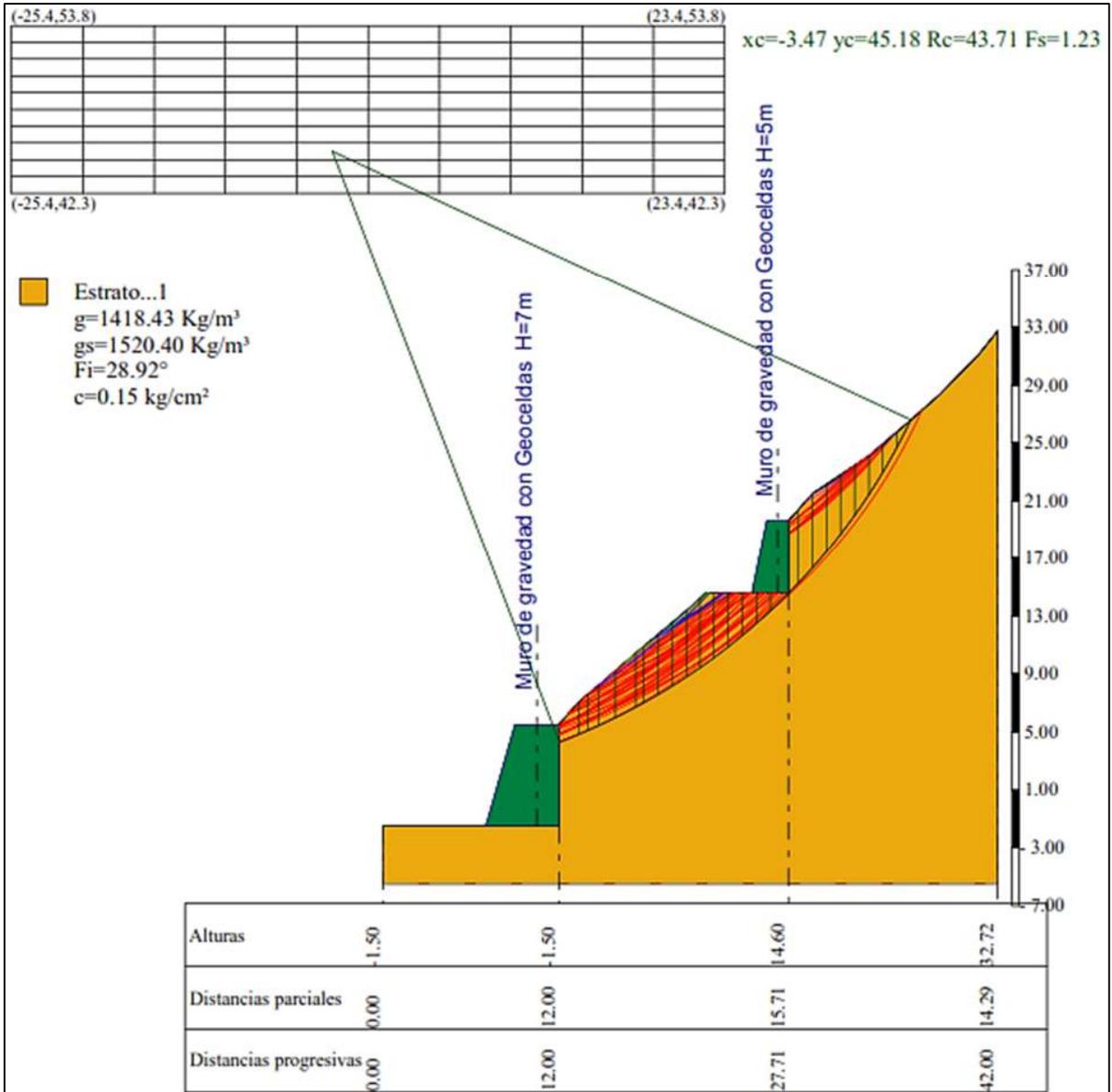
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.34	21.66	1.44	3232.46
2	0.58	23.09	0.64	1942.68
3	0.79	24.08	0.87	2938.47
4	1.13	25.47	1.26	4830.86
5	1.37	27.3	1.54	6757.31
6	0.55	28.73	0.63	2970.79
7	0.96	29.87	1.11	5470.48
8	0.96	31.33	1.13	5806.78
9	1.05	32.89	1.25	6645.81

10	0.88	34.4	1.07	5855.3
11	0.96	35.88	1.18	6555.38
12	0.96	37.45	1.21	5623.9
13	0.96	39.05	1.24	4589.61
14	0.96	40.7	1.27	3493.63
15	0.96	42.38	1.3	2331.35
16	1.3	44.42	1.81	20479.32
17	0.63	46.21	0.91	4490.85
18	0.98	47.76	1.46	7152.52
19	0.94	49.67	1.45	6585.33
20	0.96	51.64	1.55	6030.6
21	0.96	53.72	1.63	5199.99
22	0.98	55.93	1.75	4301.42
23	0.94	58.26	1.79	3138.99
24	0.96	60.72	1.97	2118.38
25	0.96	63.42	2.15	777.7

#### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	517.56	863.57	0.0	0.0	2841.95	2470.71	0.0
2	1026.01	1711.94	517.56	863.57	1652.06	1235.93	0.0
3	1475.1	2461.26	1026.01	1711.94	2578.49	1803.05	0.0
4	1783.68	2976.14	1475.1	2461.26	4304.22	2821.91	0.0
5	1874.66	3127.94	1783.68	2976.14	5993.3	3725.84	0.0
6	2195.47	3663.23	1874.66	3127.94	2581.1	1569.83	0.0
7	2254.05	3760.98	2195.47	3663.23	4741.8	2836.6	0.0
8	2209.81	3687.17	2254.05	3760.98	4959.39	2932.99	0.0
9	1991.88	3323.54	2209.81	3687.17	5566.38	3274.38	0.0
10	1798.91	3001.55	1991.88	3323.54	4808.29	2822.66	0.0
11	1438.99	2401.02	1798.91	3001.55	5251.17	3092.86	0.0
12	1149.66	1918.26	1438.99	2401.02	4401.11	2813.62	0.0
13	973.31	1624.01	1149.66	1918.26	3515.71	2516.57	0.0
14	949.38	1584.09	973.31	1624.01	2640.92	2226.35	0.0
15	1121.3	1870.93	949.38	1584.09	1788.5	1947.74	0.0
16	3503.53	5845.79	1121.3	1870.93	24758.05	10860.04	0.0
17	3152.69	5260.4	3503.53	5845.79	2928.17	1972.82	0.0
18	2129.9	3553.83	3152.69	5260.4	4232.34	3000.87	0.0
19	1171.35	1954.44	2129.9	3553.83	3662.94	2784.04	0.0
20	292.56	488.15	1171.35	1954.44	3138.28	2687.66	0.0
21	-409.08	-682.57	292.56	488.15	2548.37	2546.98	0.0
22	-882.11	-1471.84	-409.08	-682.57	2020.63	2478.01	0.0
23	-1003.43	-1674.26	-882.11	-1471.84	1543.21	2345.26	0.0
24	-765.96	-1278.04	-1003.43	-1674.26	1265.54	2416.47	0.0
25	8.65	14.43	-765.96	-1278.04	1157.22	2558.43	0.0

➤ **Análisis pseudoestático**



### Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Zona	Huaccana, Chincheros, Apurimac
Lat./Long.	-13.4/-73.7
Normativa	Usuario
Número de estratos	1.0
Número rebanadas	25.0
Grado de seguridad aceptable	1.25
Coficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	-25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs	23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys	53.84 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

### Sismo

Coficiente sísmico horizontal	0.11
Coficiente sísmico vertical	0.07

### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.5
2	12.0	-1.5
3	12.0	5.5
4	13.38	7.07
5	14.76	8.23
6	17.26	10.41
7	20.78	13.4
8	21.67	14.18
9	22.09	14.6
10	27.71	14.6
11	27.71	19.6
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

### Coefficientes de acciones parciales

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

### Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40	

### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	12	-1.5	0	0	7	3	5	1930
2	27.71	14.6	0	0	5	1.5	2.5	1930

### Resultados análisis talud [NTP E.030]

Fs mínimo encontrado	1.23
Abscisa centro superficie	-3.47 m
Ordenada centro superficie	45.18 m
Radio superficie	43.71 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

**xc = -3.472 yc = 45.183 Rc = 43.711 Fs=1.228**

Lambda = 1.048

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.34	21.66	1.44	3232.46
2	0.58	23.09	0.64	1942.68

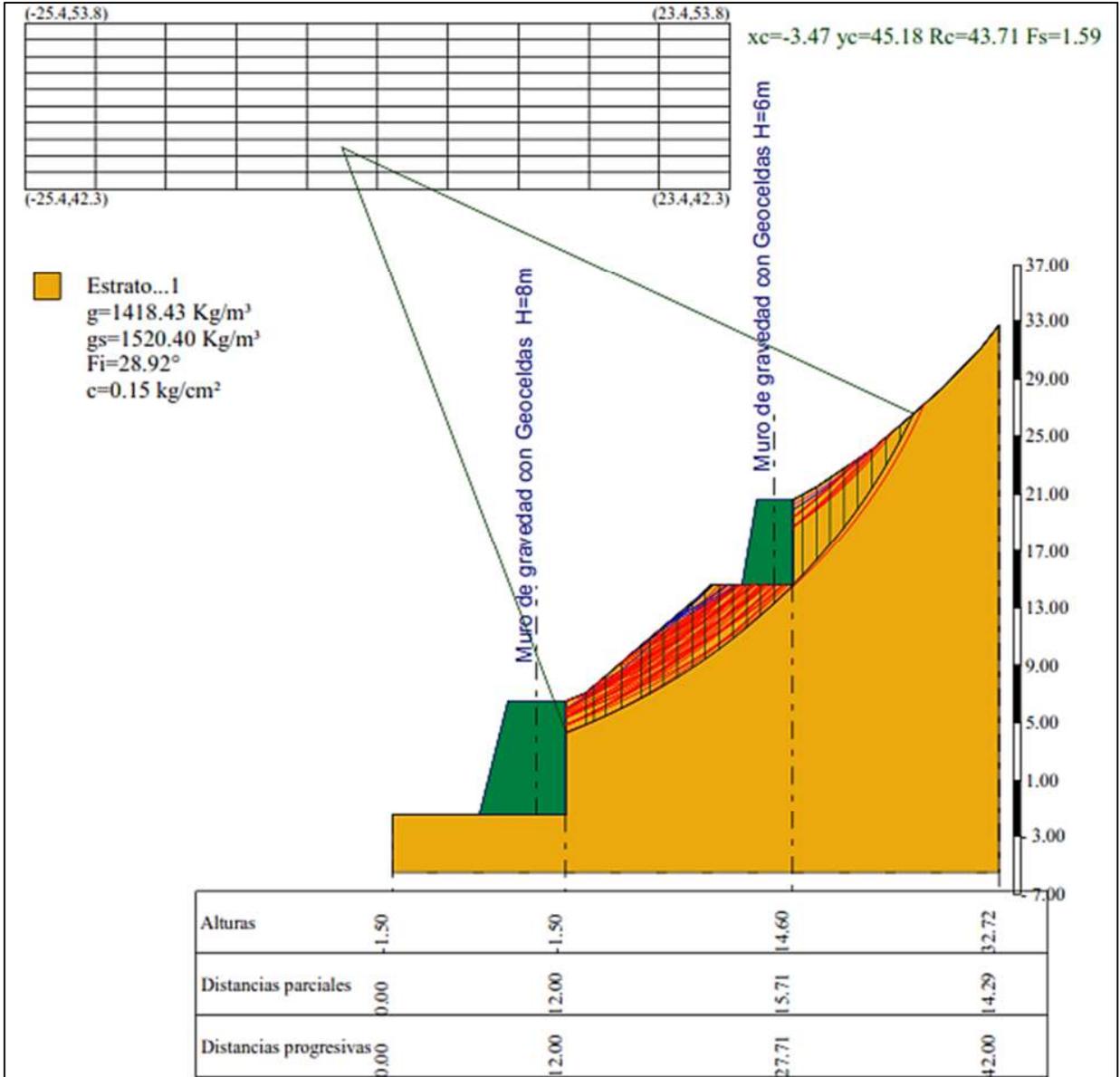
3	0.79	24.08	0.87	2938.47
4	1.13	25.47	1.26	4830.86
5	1.37	27.3	1.54	6757.31
6	0.55	28.73	0.63	2970.79
7	0.96	29.87	1.11	5470.48
8	0.96	31.33	1.13	5806.78
9	1.05	32.89	1.25	6645.81
10	0.88	34.4	1.07	5855.3
11	0.96	35.88	1.18	6555.38
12	0.96	37.45	1.21	5623.9
13	0.96	39.05	1.24	4589.61
14	0.96	40.7	1.27	3493.63
15	0.96	42.38	1.3	2331.35
16	1.3	44.42	1.81	20479.32
17	0.63	46.21	0.91	4490.85
18	0.98	47.76	1.46	7152.52
19	0.94	49.67	1.45	6585.33
20	0.96	51.64	1.55	6030.6
21	0.96	53.72	1.63	5199.99
22	0.98	55.93	1.75	4301.42
23	0.94	58.26	1.79	3138.99
24	0.96	60.72	1.97	2118.38
25	0.96	63.42	2.15	777.7

#### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1049.37	1001.06	0.0	0.0	2477.5	2874.92	0.0
2	2111.97	2014.75	1049.37	1001.06	1248.43	1338.53	0.0
3	3014.65	2875.87	2111.97	2014.75	2265.91	2077.06	0.0
4	3572.19	3407.74	3014.65	2875.87	4163.56	3407.59	0.0
5	3647.66	3479.73	3572.19	3407.74	6049.85	4608.16	0.0
6	4276.07	4079.22	3647.66	3479.73	2367.51	1834.75	0.0
7	4335.05	4135.48	4276.07	4079.22	4753.21	3494.09	0.0
8	4197.13	4003.91	4335.05	4135.48	5024.43	3636.79	0.0
9	3724.32	3552.86	4197.13	4003.91	5726.68	4099.56	0.0
10	3328.05	3174.84	3724.32	3552.86	4918.59	3521.46	0.0
11	2623.77	2502.98	3328.05	3174.84	5437.58	3888.04	0.0
12	2080.73	1984.94	2623.77	2502.98	4517.48	3513.07	0.0
13	1771.24	1689.7	2080.73	1984.94	3549.89	3110.72	0.0
14	1758.89	1677.92	1771.24	1689.7	2585.33	2713.35	0.0
15	2111.83	2014.61	1758.89	1677.92	1636.06	2327.09	0.0
16	5302.3	5058.21	2111.83	2014.61	22976.02	12555.71	0.0
17	4739.85	4521.64	5302.3	5058.21	2970.84	2445.72	0.0
18	3026.24	2886.92	4739.85	4521.64	4504.02	3813.27	0.0
19	1457.31	1390.22	3026.24	2886.92	3882.35	3523.05	0.0
20	55.15	52.61	1457.31	1390.22	3305.81	3381.16	0.0
21	-1023.09	-975.99	55.15	52.61	2640.05	3174.0	0.0
22	-1702.43	-1624.06	-1023.09	-975.99	2029.88	3052.07	0.0
23	-1797.88	-1715.11	-1702.43	-1624.06	1446.28	2841.0	0.0
24	-1316.25	-1255.66	-1797.88	-1715.11	1070.54	2884.46	0.0
25	-1.57	-1.5	-1316.25	-1255.66	829.14	2999.18	0.0

**Anexo E. Análisis del FS del talud – Propuesta 2 con el software Slope V-2018**

➤ **Análisis estático**



### Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

```

=====
Zona                               Huaccana, Chincheros, Apurimac
Lat./Long.                          -13.4/-73.7
Normativa                            Usuario
Número de estratos                   1.0
Número rebanadas                      25.0
Grado de seguridad aceptable         1.5
Coeficiente parcial resistencia      1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno: Pico
Análisis                             Condición drenada
Superficie circular
=====
  
```

### Malla centros

```

=====
Abscisa vértice izquierdo inferior xi -25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi 42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs   23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys   53.84 m
Intervalo de búsqueda                  10.0
Número de celdas en x                  10.0
Número de celdas en y                  10.0
=====
  
```

### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.5
2	12.0	-1.5
3	12.0	6.5
4	13.38	7.07
5	14.76	8.23
6	17.26	10.41
7	20.78	13.4
8	21.67	14.18
9	22.09	14.6
10	27.71	14.6
11	27.71	20.6
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

### Coeficientes de acciones parciales

```

=====
Desventajas: permanente, variable     1.0 1.0
Favorable: permanente, variable       1.0 1.0
=====
  
```

### Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40	

### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	12	-1.5	0	0	8	4	6	1930
2	27.71	14.6	0	0	6	2.5	3.5	1930

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.59
Abscisa centro superficie	-3.47 m
Ordenada centro superficie	45.18 m
Radio superficie	43.71 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

**xc = -3.472 yc = 45.183 Rc = 43.707 Fs=1.587**  
 Lambda = 0.354

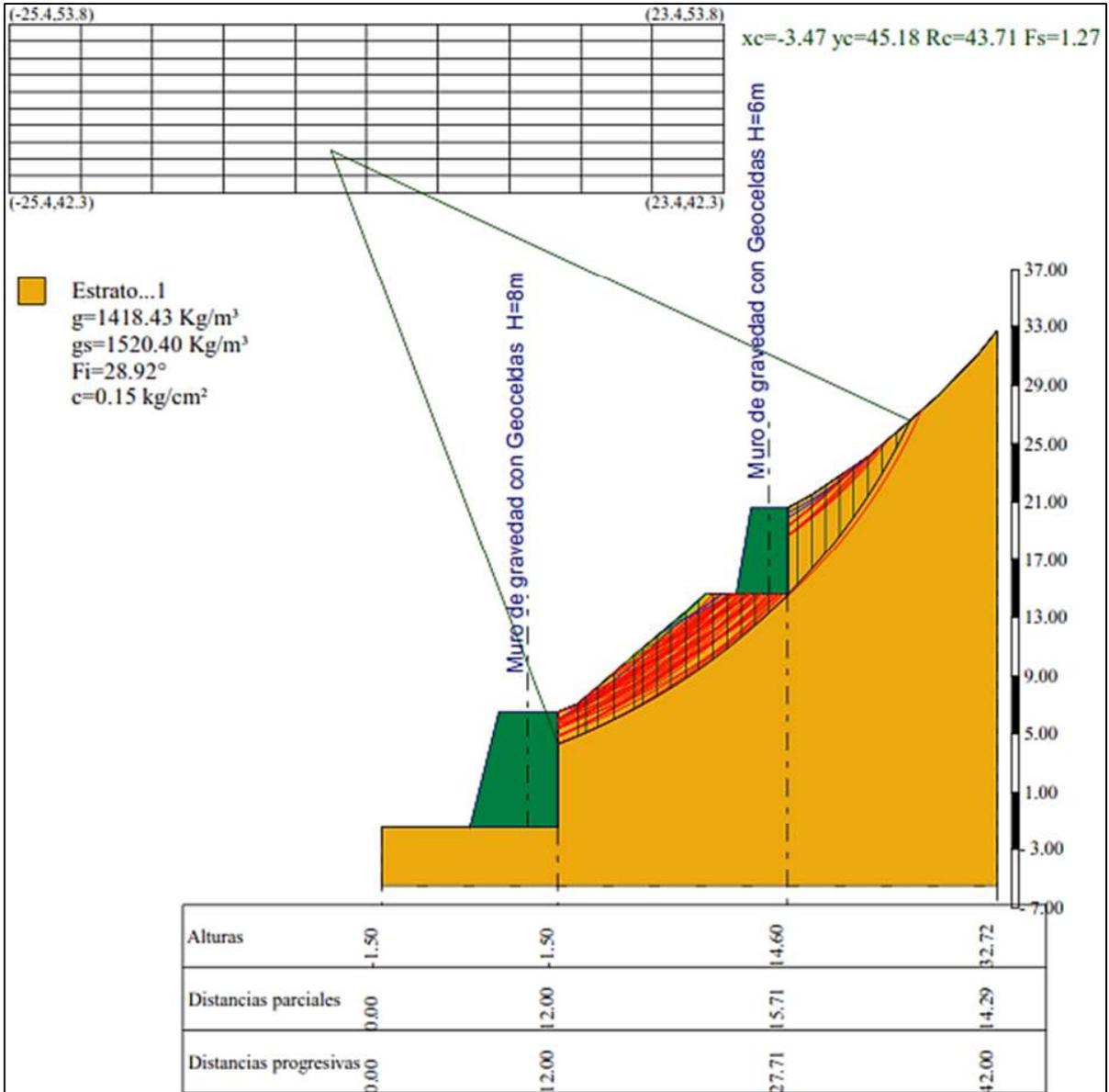
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.34	21.68	1.45	4195.56
2	0.58	23.09	0.63	1920.1
3	0.8	24.08	0.87	2952.21
4	1.13	25.47	1.25	4797.77
5	1.38	27.3	1.55	6773.91
6	0.55	28.73	0.62	2935.03
7	0.96	29.86	1.11	5461.14
8	0.96	31.33	1.13	5797.53
9	1.05	32.89	1.25	6675.96
10	0.88	34.41	1.07	5848.98

11	0.95	35.88	1.17	6507.82
12	0.96	37.44	1.21	5622.85
13	0.96	39.05	1.24	4589.03
14	0.96	40.69	1.27	3493.56
15	0.96	42.37	1.3	37071.82
16	1.3	44.42	1.82	1180.94
17	0.62	46.21	0.9	5145.98
18	0.99	47.76	1.47	7626.03
19	0.93	49.67	1.44	6528.49
20	0.96	51.63	1.55	6026.61
21	0.96	53.71	1.62	5196.74
22	0.99	55.93	1.76	4327.96
23	0.94	58.25	1.78	3106.78
24	0.96	60.71	1.97	2116.26
25	0.96	63.41	2.15	777.08

### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	258.91	730.68	0.0	0.0	3928.06	2734.01	0.0
2	537.21	1516.09	258.91	730.68	1818.29	1228.08	0.0
3	774.97	2187.06	537.21	1516.09	2752.03	1781.28	0.0
4	921.23	2599.84	774.97	2187.06	4377.03	2704.01	0.0
5	924.71	2609.67	921.23	2599.84	6020.75	3560.02	0.0
6	1091.82	3081.26	924.71	2609.67	2653.93	1512.48	0.0
7	1084.57	3060.81	1091.82	3081.26	4732.21	2695.02	0.0
8	1012.48	2857.37	1084.57	3060.81	4908.19	2772.23	0.0
9	824.92	2328.05	1012.48	2857.37	5476.32	3090.46	0.0
10	659.05	1859.94	824.92	2328.05	4697.91	2646.91	0.0
11	388.21	1095.59	659.05	1859.94	5044.55	2862.95	0.0
12	160.96	454.24	388.21	1095.59	4255.02	2625.6	0.0
13	9.39	26.49	160.96	454.24	3412.29	2357.85	0.0
14	-40.23	-113.53	9.39	26.49	2595.36	2101.88	0.0
15	2627.56	7415.34	-40.23	-113.53	46177.71	17302.69	0.0
16	2862.19	8077.51	2627.56	7415.34	1139.33	2119.78	0.0
17	2492.2	7033.34	2862.19	8077.51	3063.74	1914.37	0.0
18	1689.8	4768.84	2492.2	7033.34	3989.53	2780.17	0.0
19	1013.67	2860.72	1689.8	4768.84	3208.15	2479.63	0.0
20	378.95	1069.45	1013.67	2860.72	2730.45	2414.46	0.0
21	-138.59	-391.12	378.95	1069.45	2204.71	2302.9	0.0
22	-508.64	-1435.45	-138.59	-391.12	1766.56	2281.55	0.0
23	-624.54	-1762.54	-508.64	-1435.45	1417.45	2173.49	0.0
24	-497.7	-1404.59	-624.54	-1762.54	1285.52	2304.96	0.0
25	8.76	24.71	-497.7	-1404.59	1399.22	2517.05	0.0

➤ **Análisis pseudoestático**



### Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Zona	Huaccana, Chincheros, Apurimac
Lat./Long.	-13.4/-73.7
Normativa	Usuario
Número de estratos	1.0
Número rebanadas	25.0
Grado de seguridad aceptable	1.25
Coficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	-25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs	23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys	53.84 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

### Sismo

Coficiente sísmico horizontal	0.11
Coficiente sísmico vertical	0.07

### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.5
2	12.0	-1.5
3	12.0	6.5
4	13.38	7.07
5	14.76	8.23
6	17.26	10.41
7	20.78	13.4
8	21.67	14.18
9	22.09	14.6
10	27.71	14.6
11	27.71	20.6
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

### Coefficientes de acciones parciales

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

### Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40	

### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	12	-1.5	0	0	8	4	6	1930
2	27.71	14.6	0	0	6	2.5	3.5	1930

### Resultados análisis talud [NTP E.030]

Fs mínimo encontrado	1.27
Abscisa centro superficie	-3.47 m
Ordenada centro superficie	45.18 m
Radio superficie	43.71 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

$xc = -3.472$   $yc = 45.183$   $Rc = 43.707$   $Fs=1.27$   
 $\text{Lambda} = 0.853$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.34	21.68	1.45	4195.56
2	0.58	23.09	0.63	1920.1

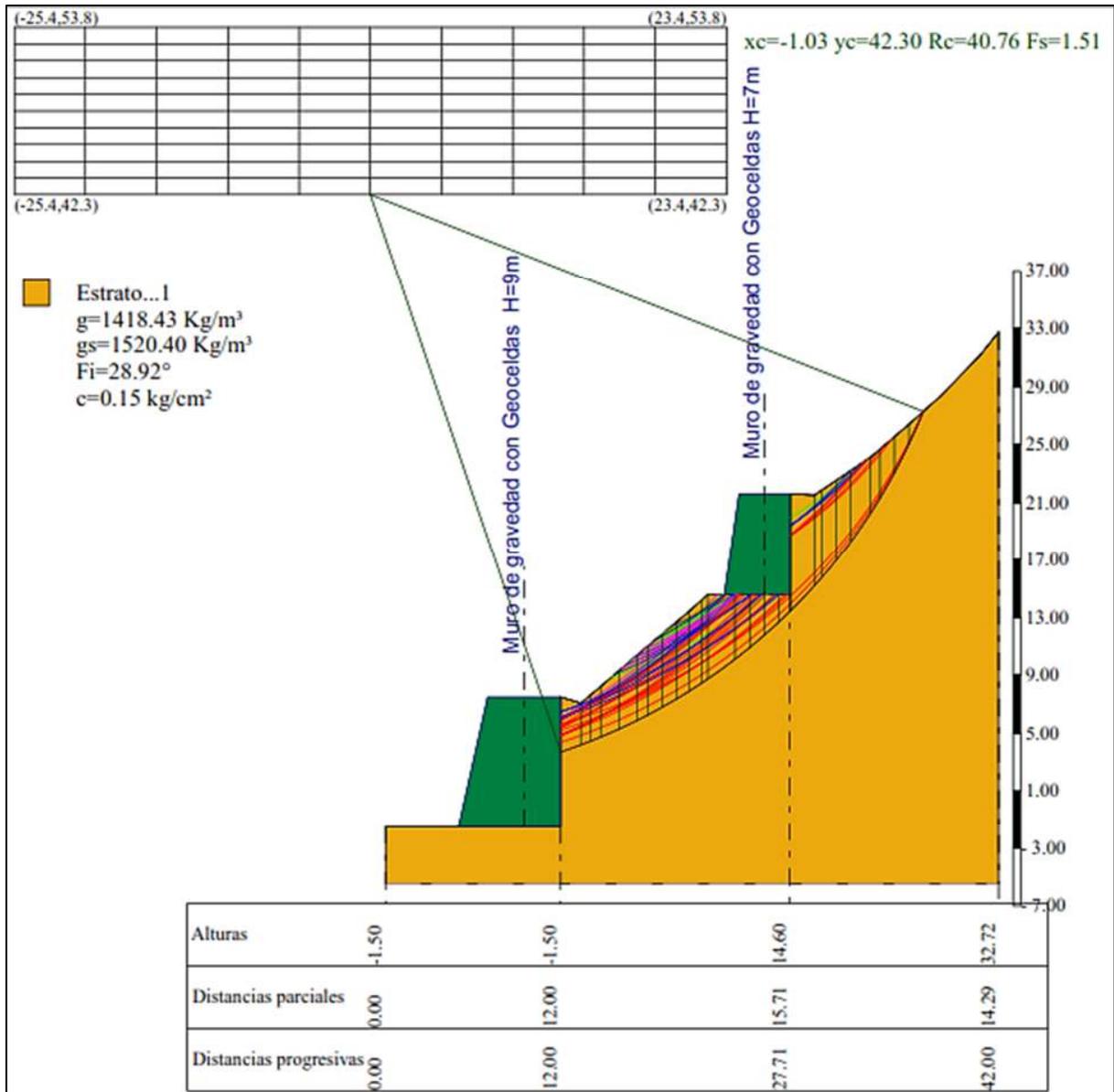
3	0.8	24.08	0.87	2952.21
4	1.13	25.47	1.25	4797.77
5	1.38	27.3	1.55	6773.91
6	0.55	28.73	0.62	2935.03
7	0.96	29.86	1.11	5461.14
8	0.96	31.33	1.13	5797.53
9	1.05	32.89	1.25	6675.96
10	0.88	34.41	1.07	5848.98
11	0.95	35.88	1.17	6507.82
12	0.96	37.44	1.21	5622.85
13	0.96	39.05	1.24	4589.03
14	0.96	40.69	1.27	3493.56
15	0.96	42.37	1.3	37071.82
16	1.3	44.42	1.82	1180.94
17	0.62	46.21	0.9	5145.98
18	0.99	47.76	1.47	7626.03
19	0.93	49.67	1.44	6528.49
20	0.96	51.63	1.55	6026.61
21	0.96	53.71	1.62	5196.74
22	0.99	55.93	1.76	4327.96
23	0.94	58.25	1.78	3106.78
24	0.96	60.71	1.97	2116.26
25	0.96	63.41	2.15	777.08

#### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	703.34	824.92	0.0	0.0	3652.28	3296.49	0.0
2	1506.11	1766.46	703.34	824.92	1437.88	1369.16	0.0
3	2169.37	2544.37	1506.11	1766.46	2463.37	2100.35	0.0
4	2542.72	2982.26	2169.37	2544.37	4259.09	3327.65	0.0
5	2501.21	2933.58	2542.72	2982.26	6113.48	4488.95	0.0
6	2962.24	3474.3	2501.21	2933.58	2454.41	1803.22	0.0
7	2928.57	3434.81	2962.24	3474.3	4778.08	3387.66	0.0
8	2730.77	3202.82	2928.57	3434.81	5015.85	3511.02	0.0
9	2239.41	2626.52	2730.77	3202.82	5699.64	3958.99	0.0
10	1826.71	2142.48	2239.41	2626.52	4866.76	3381.03	0.0
11	1160.33	1360.9	1826.71	2142.48	5304.52	3690.64	0.0
12	625.41	733.52	1160.33	1360.9	4444.29	3363.29	0.0
13	295.57	346.67	625.41	733.52	3508.0	2988.01	0.0
14	226.31	265.43	295.57	346.67	2583.48	2621.36	0.0
15	4936.86	5790.25	226.31	265.43	42486.71	20016.21	0.0
16	5546.87	6505.71	4936.86	5790.25	876.65	2534.65	0.0
17	4768.33	5592.59	5546.87	6505.71	3281.78	2487.04	0.0
18	3032.81	3557.06	4768.33	5592.59	4524.16	3706.65	0.0
19	1615.64	1894.92	3032.81	3557.06	3623.57	3279.25	0.0
20	322.08	377.76	1615.64	1894.92	3096.42	3176.3	0.0
21	-688.56	-807.59	322.08	377.76	2472.93	2994.38	0.0
22	-1361.2	-1596.49	-688.56	-807.59	1922.97	2919.07	0.0
23	-1489.22	-1746.65	-1361.2	-1596.49	1398.1	2707.59	0.0
24	-1115.93	-1308.83	-1489.22	-1746.65	1104.05	2801.37	0.0
25	5.66	6.64	-1115.93	-1308.83	969.97	2958.63	0.0

## Anexo F. Análisis del FS del talud – Propuesta 3 con el software Slope V-2018

### ➤ Análisis estático



### Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Zona	Huaccana, Chincheros, Apurimac
Lat./Long.	-13.4/-73.7
Normativa	Usuario
Número de estratos	1.0
Número rebanadas	25.0
Grado de seguridad aceptable	1.5
Coefficiente parcial resistencia	1.0

Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:  
 Análisis  
 Superficie circular

Pico  
 Condición drenada

**Malla centros**

```

=====
Abscisa vértice izquierdo inferior xi          -25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi         42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs          23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys         53.84 m
Intervalo de búsqueda                          10.0
Número de celdas en x                          10.0
Número de celdas en y                          10.0
=====
  
```

**Vértices perfil**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.5
2	12.0	-1.5
3	12.0	7.5
4	13.38	7.07
5	14.76	8.23
6	17.26	10.41
7	20.78	13.4
8	21.67	14.18
9	22.09	14.6
10	27.71	14.6
11	27.71	21.6
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

**Coefficientes de acciones parciales**

```

=====
Desventajas: permanente, variable              1.0 1.0
Favorable: permanente, variable               1.0 1.0
=====
  
```

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

```

=====
Tangente ángulo de resistencia al corte        1.25
Cohesión efectiva                             1.25
Cohesión no drenada                           1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno      No
=====
  
```

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología	
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40		

### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	12	-1.5	0	0	9	5	7	1930
2	27.71	14.6	0	0	7	3.5	4.5	1930

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.51
Abscisa centro superficie	-1.03 m
Ordenada centro superficie	42.3 m
Radio superficie	40.76 m

**xc = -1.033 yc = 42.299 Rc = 40.757 Fs=1.513**

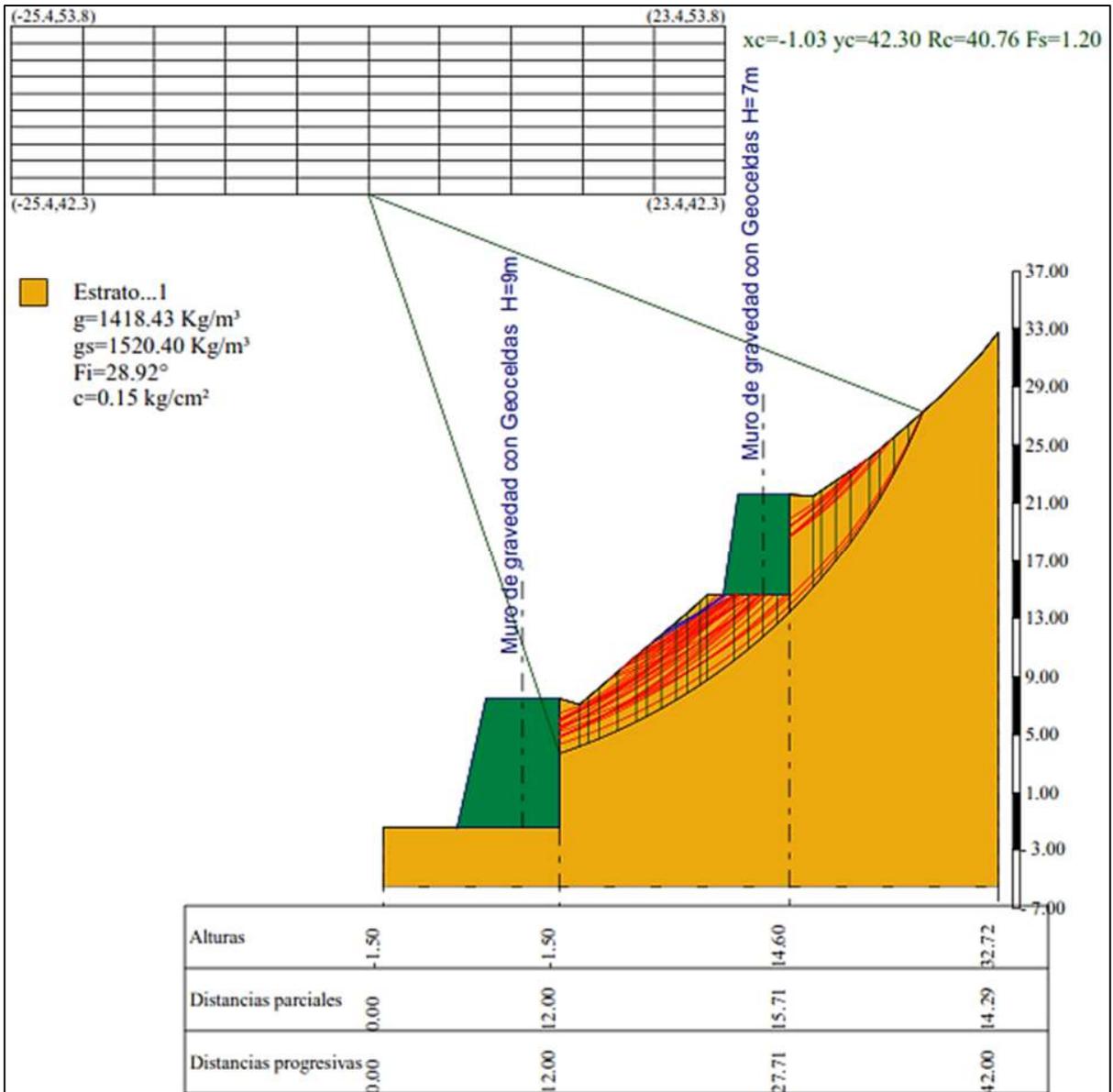
Lambda = 0.225

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.35	19.81	1.44	6445.84
2	0.63	21.19	0.68	2736.21
3	0.74	22.23	0.8	3516.52
4	1.25	23.75	1.36	6677.98
5	1.26	25.69	1.4	7673.06
6	0.73	27.24	0.82	4796.61
7	0.99	28.61	1.13	6942.52
8	0.99	30.21	1.15	7339.55
9	0.81	31.69	0.95	6244.88
10	0.88	33.1	1.05	7060.58
11	0.42	34.2	0.51	3483.56
12	1.86	36.18	2.3	13701.58
13	0.99	38.69	1.27	5799.05
14	0.99	40.5	1.31	58682.55
15	0.99	42.36	1.34	3408.48
16	0.84	44.13	1.17	1858.66
17	1.61	46.6	2.34	16609.55
18	0.53	48.81	0.8	4649.77
19	0.99	50.47	1.56	8234.65
20	0.99	52.72	1.64	7419.61
21	1.33	55.53	2.35	8410.39
22	0.65	58.05	1.24	3400.31
23	0.99	60.33	2.01	4222.96
24	0.99	63.29	2.21	2822.86
25	0.99	66.61	2.5	1062.13

**Esfuerzos en las rebanadas**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	227.4	1011.37	0.0	0.0	6193.19	3685.08	0.0
2	437.3	1944.94	227.4	1011.37	2692.95	1657.5	0.0
3	630.39	2803.72	437.3	1944.94	3401.32	2034.84	0.0
4	759.23	3376.79	630.39	2803.72	6225.41	3621.37	0.0
5	819.62	3645.38	759.23	3376.79	6976.83	3932.68	0.0
6	916.54	4076.44	819.62	3645.38	4375.7	2407.22	0.0
7	921.02	4096.34	916.54	4076.44	6100.32	3348.31	0.0
8	871.72	3877.1	921.02	4096.34	6274.7	3429.8	0.0
9	833.8	3708.44	871.72	3877.1	5257.35	2863.12	0.0
10	726.33	3230.44	833.8	3708.44	5743.63	3142.15	0.0
11	784.79	3490.46	726.33	3230.44	2978.89	1594.83	0.0
12	200.59	892.14	784.79	3490.46	9997.45	5928.06	0.0
13	53.27	236.91	200.59	892.14	4231.91	2805.97	0.0
14	3294.21	14651.42	53.27	236.91	75034.05	28688.43	0.0
15	3284.77	14609.43	3294.21	14651.42	2497.18	2243.75	0.0
16	3403.3	15136.6	3284.77	14609.43	1616.04	1751.85	0.0
17	2030.79	9032.19	3403.3	15136.6	7918.8	5215.32	0.0
18	1840.73	8186.88	2030.79	9032.19	2550.87	1723.94	0.0
19	1215.51	5406.12	1840.73	8186.88	3493.93	2822.07	0.0
20	637.44	2835.09	1215.51	5406.12	2798.23	2646.63	0.0
21	-134.65	-598.86	637.44	2835.09	2366.1	3197.28	0.0
22	-218.54	-971.98	-134.65	-598.86	1527.02	1781.75	0.0
23	-431.75	-1920.26	-218.54	-971.98	1371.9	2489.28	0.0
24	-400.31	-1780.42	-431.75	-1920.26	1379.41	2693.7	0.0
25	10.75	47.83	-400.31	-1780.42	1936.47	3185.83	0.0

➤ **Análisis pseudoestático**



### Análisis de Estabilidad de Taludes con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

=====

=

Zona	Huaccana, Chincheros, Apurimac
Lat./Long.	-13.4/-73.7
Normativa	Usuario
Número de estratos	1.0
Número rebanadas	25.0
Grado de seguridad aceptable	1.25
Coefficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

=====

=

### Malla centros

=====

=

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	-25.43 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	42.3 m
Abscisa vértice derecho superior xs	23.36 m
Ordenada vértice derecho superior ys	53.84 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

=====

=

### Sismo

=====

=

Coefficiente sísmico horizontal	0.11
Coefficiente sísmico vertical	0.07

=====

=

### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.5
2	12.0	-1.5
3	12.0	7.5
4	13.38	7.07
5	14.76	8.23
6	17.26	10.41
7	20.78	13.4
8	21.67	14.18
9	22.09	14.6
10	27.71	14.6

11	27.71	21.6
12	29.38	21.5
13	33.22	24.11
14	35.87	26.4
15	38.04	28.33
16	39.4	29.73
17	40.75	31.14
18	42.0	32.72

**Coefficientes de acciones parciales**

=====

=

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

=====

=

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

=====

=

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

=====

=

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología	
1	0.15	0	28.92	1418.43	1520.40		

**Muros de contención- Características geométricas**

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	12	-1.5	0	0	9	5	7	1930
2	27.71	14.6	0	0	7	3.5	4.5	1930

**Resultados análisis talud [NTP E.030]**

=====

=

Fs mínimo encontrado	1.2
Abscisa centro superficie	-1.03 m
Ordenada centro superficie	42.3 m
Radio superficie	40.76 m

=====

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

**xc = -1.033 yc = 42.299 Rc = 40.757 Fs=1.204**

Lambda = 0.646

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.35	19.81	1.44	6445.84
2	0.63	21.19	0.68	2736.21
3	0.74	22.23	0.8	3516.52
4	1.25	23.75	1.36	6677.98
5	1.26	25.69	1.4	7673.06
6	0.73	27.24	0.82	4796.61
7	0.99	28.61	1.13	6942.52
8	0.99	30.21	1.15	7339.55
9	0.81	31.69	0.95	6244.88
10	0.88	33.1	1.05	7060.58
11	0.42	34.2	0.51	3483.56
12	1.86	36.18	2.3	13701.58
13	0.99	38.69	1.27	5799.05
14	0.99	40.5	1.31	58682.55
15	0.99	42.36	1.34	3408.48
16	0.84	44.13	1.17	1858.66
17	1.61	46.6	2.34	16609.55
18	0.53	48.81	0.8	4649.77
19	0.99	50.47	1.56	8234.65
20	0.99	52.72	1.64	7419.61
21	1.33	55.53	2.35	8410.39
22	0.65	58.05	1.24	3400.31
23	0.99	60.33	2.01	4222.96
24	0.99	63.29	2.21	2822.86
25	0.99	66.61	2.5	1062.13

### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	733.73	1135.14	0.0	0.0	5942.97	4515.61	0.0
2	1462.57	2262.71	733.73	1135.14	2349.01	1924.91	0.0
3	2118.6	3277.64	1462.57	2262.71	3113.38	2424.74	0.0
4	2513.89	3889.2	2118.6	3277.64	6129.08	4506.16	0.0
5	2676.19	4140.29	2513.89	3889.2	6995.61	4950.13	0.0
6	2993.28	4630.85	2676.19	4140.29	4264.18	2973.57	0.0
7	2996.03	4635.1	2993.28	4630.85	6155.27	4232.45	0.0

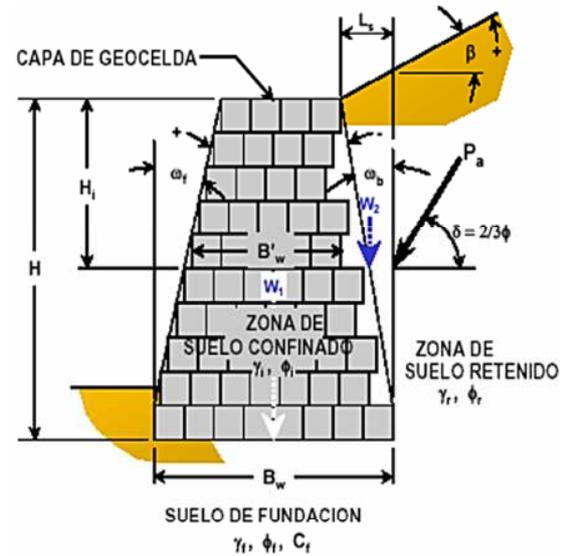
8	2834.0	4384.43	2996.03	4635.1	6393.98	4364.35	0.0
9	2725.06	4215.89	2834.0	4384.43	5328.92	3630.42	0.0
10	2404.52	3719.99	2725.06	4215.89	5902.2	4020.94	0.0
11	2618.64	4051.25	2404.52	3719.99	2876.48	1956.97	0.0
12	860.95	1331.96	2618.64	4051.25	10757.75	7797.55	0.0
13	468.3	724.5	860.95	1331.96	4371.38	3589.76	0.0
14	7814.84	12090.2	468.3	724.5	68863.38	33217.02	0.0
15	7845.28	12137.3	7814.84	12090.2	2451.39	2798.32	0.0
16	8241.42	12750.16	7845.28	12137.3	1427.47	2114.74	0.0
17	4534.79	7015.7	8241.42	12750.16	9262.46	7169.59	0.0
18	4097.22	6338.74	4534.79	7015.7	2669.96	2220.81	0.0
19	2517.51	3894.8	4097.22	6338.74	4029.38	3791.64	0.0
20	1100.63	1702.77	2517.51	3894.8	3273.01	3543.36	0.0
21	-761.04	-1177.39	1100.63	1702.77	3009.85	4312.78	0.0
22	-864.83	-1337.96	-761.04	-1177.39	1526.47	2238.57	0.0
23	-1268.29	-1962.14	-864.83	-1337.96	1490.37	3182.2	0.0
24	-1065.18	-1647.92	-1268.29	-1962.14	1269.45	3334.26	0.0
25	25.64	39.66	-1065.18	-1647.92	1459.75	3784.39	0.0

## Anexo G. Diseño y cálculo del muro de gravedad con Geoceladas

Muro tipo 1  $h=8m$ .

### MURO DE GRAVEDAD CON GEOCELADAS

Datos del suelo de fundacion			
$\gamma_f$	13.91	kn/m <sup>3</sup>	
$\phi_f$	28.92		
$C_f$	9.81	kn/m <sup>2</sup>	
Datos de zona de suelo confinado			
$\gamma_i$	19.926	kn/m <sup>3</sup>	
$\phi_i$	28.92		
Datos de zona de suelo retenido			
$\gamma_r$	13.91	kn/m <sup>3</sup>	
$\phi_r$	28.92		
Diseño de muro			
H	8.00	W2	0.00
H <sub>i</sub>	0.20	Wb	0.00
W <sub>f</sub>	14.00	$\beta$	29.00
B <sub>w</sub>	6.00	L <sub>s</sub>	0.00
B' <sub>w</sub>	5.00	$\delta$	19.28
W <sub>1</sub>	77200.00	q	6283.63
D <sub>f</sub>	1.50		



### PROCEDIMIENTO DE CALCULO

- 1.- Estabilidad Externa.
- 2.- Estabilidad Interna.

#### 1.- ANALISIS DE ESTABILIDAD EXTERNA

En esta etapa, se tendrá que considerar los siguientes modos potenciales de falla, tal como se muestra en la figura:

- Desplazamiento Horizontal.
- Rotación.
- Capacidad de Carga.



### Paso 1: Determinación del coeficiente de empuje de tierras, $K_a$ .

Para el caso de muros de gravedad, se utiliza la Teoría de Coulomb, para la determinación del coeficiente de empuje activo  $K_a$ :

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi + w_b)}{\cos^2 w_b \cdot \cos(w_b - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(w_b - \delta) \cdot \cos(w_b - \beta)}} \right]}$$

$$K_a = 0.82$$

Nota.- Para casos de análisis de secciones individuales de geoceldas, se tiene que asumir  $w_b=0$ .

#### donde:

$K_a, K_a'$ : coeficientes activos de empuje de tierra.

$\phi$ : ángulo de fricción del suelo retenido.

$w_b$ : ángulo de la cara interior del muro con respecto a la vertical.

$\delta$ : ángulo de fricción entre el suelo y el muro.

$b$ : ángulo con respecto a la horizontal de la superficie del terreno retenido.

### Paso 2: Determinación de las fuerzas del terreno, que actúan en la estabilidad externa.

$$P_{sh} = 0.5 \cdot K_a \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \cos \delta = 344.53 \text{ kn/m}$$

$$P_{sv} = 0.5 \cdot K_a \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \sin \delta = 124.84 \text{ kn/m}$$

$$P_{qh} = K_a \cdot q \cdot H \cdot \cos \delta = 38908.83 \text{ kn/m}$$

$$P_{qv} = K_a \cdot q \cdot H \cdot \sin \delta = 13610.43 \text{ kn/m}$$

#### Donde:

**Psh** Fuerza horizontal debido al terreno retenido

**Psv** Fuerza vertical debido al terreno retenido

**Pqh** Fuerza horizontal debido a carga uniformemente repartida.

**Pqv** Fuerza vertical debido a carga uniformemente repartida.

**Yr** Peso específico del suelo retenido

**q** Carga uniformemente repartida sobre el muro.

**H** Altura del muro.

### Paso 3: Determinación del peso del muro para la resistencia al desplazamiento.

$$W' = [(H \cdot B_W) - (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_f)] \cdot \gamma_i = 556.7 \quad \text{Kn/m}$$

$$W' = W_1 + W_2 + L_S \cdot \gamma_r = 757.07 \quad \text{Kn/m}$$

$$W = W' + (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_b) \cdot \gamma_1 = 667.68 \quad \text{Kn/m}$$

$$= 868.05 \quad \text{Kn/m}$$

Para  $w_b > 0$ ;

**Donde:**

**W** : Peso del muro.

**Bw** : Base del muro.

**Wf** : Angulo con respecto a la vertical de la cara exterior del muro.

**Ls** : Longitud de la componente horizontal de la cara interior del muro.

### Paso 4: Determinación del Factor de Seguridad al Desplazamiento.

Este factor de seguridad es el correspondiente a la resistencia que ejerce la estructura a desplazarse a lo largo de su base debido a los empujes ejercidos por las fuerzas externas. El factor de seguridad al desplazamiento FS debiera de ser mayor a 1.5, para que el diseño se pueda considerar un diseño como aceptable. En la determinación de este factor de seguridad para muros de gravedad, para el desplazamiento a lo largo de la base Bw, se tendrá que considerar el menor valor de  $\phi$  o  $\phi_f$

$$FS_{sl} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})} + c_f \cdot B_W = 59.04 \quad \text{kn/m}$$

$$FS_{sl} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})} = 23.92 > 1.5 \quad \text{OK}$$

**Donde:**

**FSsl** : Factor de seguridad contra deslizamiento.

**Cf** : Cohesion del suelo de cimentacion.

**$\phi_f$**  : Angulo de friccion del suelo de cimentacion.

### Paso 5: Determinación del Factor de Seguridad al Vuelco.

Para el caso de los muros de gravedad, los momentos se consideran teniendo como punto de rotación el extremo exterior de la base Bw.

*fuerza activa de coulomb*

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H'^2 K_a = 522.86$$

$$P_h = P_a \cdot \cos\left(15 + \frac{2}{3}\phi'_1\right) = 432.04$$

$$P_v = P_a \cdot \sin\left(15 + \frac{2}{3}\phi'_1\right) = 294.49$$

Figura	Area - m2	Peso kn-m	Brazo - m	M - (kn-m/m)	
1	32.00	445.12	4.00	1780.48	
2	8.00	111.28	1.00	111.28	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	
s/c	4.43	61.62	7.00	431.35	
	<b>Pv</b>	294.49		0.00	
		$\Sigma V$	912.51	$\Sigma MR$	2323.11

Momento de volcamiento  $M_o = P_h \left(\frac{H'}{3}\right) = 1152.09 \text{ kn-m/m}$

$$FS(\text{volcamiento}) = \frac{\Sigma MR}{\Sigma MO} = 2.02 \quad \text{OK}$$

### Paso 6: Determinación del Factor de Seguridad a la Capacidad de Carga FSbc.

Para obtener este factor de seguridad simplemente se realiza la comparación entre la capacidad de carga última del terreno y los esfuerzos aplicados al terreno por la estructura. La capacidad última del terreno se halla mediante los procedimientos convencionales de la mecánica de suelos o mediante ensayos de campo, mientras que para determinar los esfuerzos aplicados, se tendrá que usar el método conservador de Meyerhof para distribución de cargas. con fines de diseño, este factor de seguridad tendrá que ser mayor a 2 para muros de gravedad

Datos			Dimensiones del muro		
Densidad	1.42	gr/cm3	Df	1.50	m
Cohesion	0.15	kg/cm2	B	6.00	m
Angulo de friccion	28.92	°	L	80.00	m
Densidad Natural	0.00142	kg/cm3			

Factores de capacidad de carga	
Nq	16.30
Nc	27.69
Ng	19.11

Factores de profundidad	
Fcd	1.10
Fqd	1.07
Fyd	1.00

Factores de forma	
Fcs	1.04
Fqs	1.04
Fys	0.97

Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentacion

$$q = 0.213 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de carga ultima

$$q_u = 16.55 \text{ Kg/m}^2$$

$$FS_{(capacidad\ de\ carga)} = \frac{q_{ult}}{\sigma'_{o(H)}} = 10.18 \quad \mathbf{OK}$$

## 2.- ANALISIS DE ESTABILIDAD INTERNA

En el caso de la estabilidad interna, en este tipo de estructura se tendrá que considerar los siguientes modos de falla mostrados en la figura

- *Deslizamiento interno.*
- *Vuelco interno.*



### Paso 1: Determinación del Factor de Seguridad al Deslizamiento Interno FSsl.

Para muros de gravedad, se determina las cargas laterales aplicadas, para cada incremento de altura del muro,  $H_i$ . Este incremento se mide desde la parte superior del muro hasta cada capa de geocelda analizada; luego se comprueba la resistencia al deslizamiento de cada capa considerando una base  $B'w$  para cada una, como se puede ver en la Figura

H'	B'W	AREA 1	LS	Ys	W1	AREA 2	W2
2	9.20	11.50	0.00	13.91	159.97	0.00	0.00
3	8.40	15.38	0.00	13.91	213.87	0.00	0.00
3	7.60	13.13	0.00	13.91	182.57	0.00	0.00

**Psh:** fuerza horizontal debido al terreno retenido

$$P_{sh} = 0.5 \cdot K_a \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \cos\delta$$

**Psv:** fuerza vertical debido al terreno retenido

$$P_{sv} = 0.5 \cdot K_a \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \sen\delta$$

**Pqh:** fuerza horizontal debido a carga uniformemente repartida

$$P_{qh} = K_a \cdot q \cdot H \cdot \cos\delta$$

**Pqv:** fuerza vertical debido a carga uniformemente repartida

$$P_{qv} = K_a \cdot q \cdot H \cdot \sen\delta$$

H	Psh	Psv	Pqh	Pqv
2	21.53kn/m	7.80kn/m	9727.21kn/m	3402.6kn/m
3	48.45kn/m	17.56kn/m	14590.81kn/m	5103.9kn/m
3	48.45kn/m	17.56kn/m	14590.81kn/m	5103.9kn/m

$$W' = [(H \cdot B_w) - (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_f)] \cdot \gamma_i$$

$$W' = W_i + W_w + L_s \cdot \gamma_r$$

H	W'	W'
2	0.00kn/m	1.57kn/m
3	823.77kn/m	2.10kn/m
3	734.75kn/m	1.79kn/m

$$W = W' + (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_b) \cdot \gamma_1$$

$$FS_{st} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})} + c_f \cdot B_w$$

$$FS_{st} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})}$$

H	W	H	FS	FS
2	1.57kn/m	2	90.41	1.5 <b>OK</b>
3	2.10kn/m	3	82.57	3.4 <b>OK</b>
3	1.79kn/m	3	74.72	3.4 <b>OK</b>

### Paso 2: Determinación del Factor de Seguridad de Vuelco Interno FSot.

Para el caso de muros de gravedad, se tiene que hallar los momentos que actúan sobre la estructura con respecto al talón exterior de la base; para esto se tiene que considerar una base B'w para cada capa de geocelda de altura Hi, como se puede ver en la Figura

H	Pa	Ph	Pv
2	32.68	27.00	18.41
3	73.53	60.75	41.41
3	73.53	60.75	41.41

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H'^2 K_a$$

$$P_h = P_a \cdot \cos(15 + \frac{2}{3} \phi'_1)$$

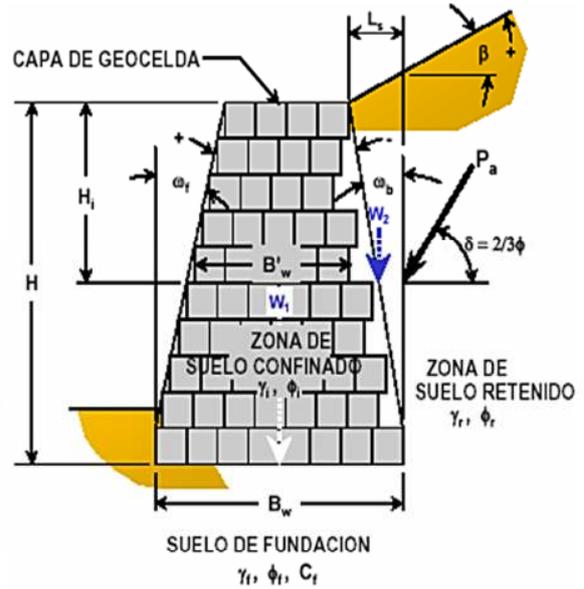
$$P_v = P_a \cdot \sin(15 + \frac{2}{3} \phi'_1)$$

H	Area - m2	Peso kn-m	Brazo - m	M - (kn-m/m)	$M_o = P_h \left( \frac{H'}{3} \right)$	Fs (vol.)
2	11.50	159.97	4.00	639.86	18.00	35.54
3	15.38	213.87	3.50	748.53	60.75	12.32
3	13.13	182.57	2.75	502.06	60.75	8.26

➤ Muro tipo 2 h=6m.

**MURO DE GRAVEDAD CON GEOCELIDAS**

Datos del suelo de fundacion			
$\gamma_f$	13.91	kn/m <sup>3</sup>	
$\phi_f$	28.92		
$C_f$	9.81	kn/m <sup>2</sup>	
Datos de zona de suelo confinado			
$\gamma_i$	19.926	kn/m <sup>3</sup>	
$\phi_i$	28.92		
Datos de zona de suelo retenido			
$\gamma_r$	13.91	kn/m <sup>3</sup>	
$\phi_r$	28.92		
Diseño de muro			
H	6.00	W2	0.00
H <sub>i</sub>	0.20	Wb	0.00
W <sub>f</sub>	9.00	$\beta$	29.00
B <sub>w</sub>	3.50	L <sub>s</sub>	0.00
B' <sub>w</sub>	3.00	$\delta$	19.28
W <sub>1</sub>	34740.00	q	11248.13
D <sub>f</sub>	0.00		



**PROCEDIMIENTO DE CALCULO**

- 1.- Estabilidad Externa.
- 2.- Estabilidad Interna.

**1.- ANALISIS DE ESTABILIDAD EXTERNA**

En esta etapa, se tendra que considerar los siguientes modos potenciales de falla, tal como se muestra en la figura:

- Desplazamiento Horizontal.
- Rotación.
- Capacidad de Carga.



### Paso 1: Determinación del coeficiente de empuje de tierras, $K_a$ .

Para el caso de muros de gravedad, se utiliza la Teoría de Coulomb, para la determinación del coeficiente de empuje activo  $K_a$ :

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi + w_b)}{\cos^2 \cdot w_b \cdot \cos(w_b - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \beta)}{\cos(w_b - \delta) \cdot \cos(w_b - \beta)}} \right]}$$

$$K_a = 0.82$$

Nota.- Para casos de análisis de secciones individuales de geoceldas, se tiene que asumir  $w_b=0$ .

#### donde:

$K_a, K_a'$ : coeficientes activos de empuje de tierra.

$\phi$ : ángulo de fricción del suelo retenido.

$w_b$ : ángulo de la cara interior del muro con respecto a la vertical.

$\delta$ : ángulo de fricción entre el suelo y el muro.

$\beta$ : ángulo con respecto a la horizontal de la superficie del terreno retenido.

### Paso 2: Determinación de las fuerzas del terreno, que actúan en la estabilidad externa.

$$P_{sh} = 0.5 \cdot K_a \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \cos\delta = 193.8 \text{ kn/m}$$

$$P_{sv} = 0.5 \cdot K_a \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \text{sen}\delta = 70.22 \text{ kn/m}$$

$$P_{qh} = K_a \cdot q \cdot H \cdot \cos\delta = 52237.07 \text{ kn/m}$$

$$P_{qv} = K_a \cdot q \cdot H \cdot \text{sen}\delta = 18272.70 \text{ kn/m}$$

#### Donde:

**Psh** Fuerza horizontal debido al terreno retenido

**Psv** Fuerza vertical debido al terreno retenido

**Pqh** Fuerza horizontal debido a carga uniformemente repartida.

**Pqv** Fuerza vertical debido a carga uniformemente repartida.

**Yr** Peso específico del suelo retenido

**q** Carga uniformemente repartida sobre el muro.

**H** Altura del muro.

### Paso 3: Determinación del peso del muro para la resistencia al desplazamiento.

$$W' = [(H \cdot B_W) - (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_f)] \cdot \gamma_i = 252.45 \text{ Kn/m}$$

$$W' = W_1 + W_2 + L_S \cdot \gamma_r = 340.68 \text{ Kn/m}$$

$$W = W' + (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_b) \cdot \gamma_1 = 292.11 \text{ Kn/m}$$

$$= 380.34 \text{ Kn/m}$$

Para  $w_b > 0$ ;

#### Donde:

**W** : Peso del muro.

**Bw** : Base del muro.

**Wf** : Angulo con respecto a la vertical de la cara exterior del muro.

**Ls** : Longitud de la componente horizontal de la cara interior del muro.

### Paso 4: Determinación del Factor de Seguridad al Desplazamiento.

Este factor de seguridad es el correspondiente a la resistencia que ejerce la estructura a desplazarse a lo largo de su base debido a los empujes ejercidos por las fuerzas externas. El factor de seguridad al desplazamiento FS debiera de ser mayor a 1.5, para que el diseño se pueda considerar un diseño como aceptable. En la determinación de este factor de seguridad para muros de gravedad, para el desplazamiento a lo largo de la base  $B_w$ , se tendrá que considerar el menor valor de  $\phi_i$  o  $\phi_f$

$$FS_{sl} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})} + c_f \cdot B_W = 34.52 \text{ kn/m}$$

$$FS_{sl} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})} = 13.52 > 1.5 \text{ OK}$$

#### Donde:

**FSsl** : Factor de seguridad contra deslizamiento.

**Cf** : Cohesion del suelo de cimentacion.

**Øf** : Angulo de fricción del suelo de cimentacion.

### Paso 5: Determinación del Factor de Seguridad al Vuelco.

Para el caso de los muros de gravedad, los momentos se consideran teniendo como punto de rotación el extremo exterior de la base Bw.

*fuerza activa de coulomb*

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H'^2 K_a = 294.11$$

$$P_h = P_a \cdot \cos\left(15 + \frac{2}{3}\phi'_1\right) = 243.02$$

$$P_v = P_a \cdot \sin\left(15 + \frac{2}{3}\phi'_1\right) = 165.65$$

Figura	Area - m2	Peso kn-m	Brazo - m	M - (kn-m/m)	
1	15.00	208.65	2.25	469.46	
2	3.00	41.73	0.50	20.87	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	
s/c	7.93	110.31	6.00	661.84	
	<b>Pv</b>	165.65		0.00	
		$\Sigma V$	526.34	$\Sigma MR$	1152.17

Momento de volcamiento  $M_o = P_h \left(\frac{H'}{3}\right) = 486.04 \text{ kn-m/m}$

$$FS(\text{volcamiento}) = \frac{\Sigma MR}{\Sigma MO} = 2.37 \quad \text{OK}$$

### Paso 6: Determinación del Factor de Seguridad a la Capacidad de Carga FSbc.

Para obtener este factor de seguridad simplemente se realiza la comparación entre la capacidad de carga última del terreno y los esfuerzos aplicados al terreno por la estructura. La capacidad última del terreno se halla mediante los procedimientos convencionales de la mecánica de suelos o mediante ensayos de campo, mientras que para determinar los esfuerzos aplicados, se tendrá que usar el método conservador de Meyerhof para distribución de cargas. con fines de diseño, este factor de seguridad tendrá que ser mayor a 2 para muros de gravedad

Datos			Dimensiones del muro		
Densidad	1.42	gr/cm3	Df	0.00	m
Cohesion	0.15	kg/cm2	B	3.50	m
Angulo de friccion	28.92	°	L	80.00	m
Densidad Natural	0.00142	kg/cm3			

Factores de capacidad de carga	
Nq	16.30
Nc	27.69
Ng	19.11

Factores de profundidad	
Fcd	1.00
Fqd	1.00
Fyd	1.00

Factores de forma	
Fcs	1.03
Fqs	1.02
Fys	0.9825

Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentacion

$$q = 0 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de carga ultima

$$q_u = 8.93 \text{ Kg/m}^2$$

$$FS_{(capacidad\ de\ carga)} = \frac{q_{ult}}{\sigma'_{o(H)}} = 7.32 \text{ OK}$$

## 2.- ANALISIS DE ESTABILIDAD INTERNA

En el caso de la estabilidad interna, en este tipo de estructura se tendrá que considerar los siguientes modos de falla mostrados en la figura

- *Deslizamiento interno.*
- *Vuelco interno.*



### Paso 1: Determinación del Factor de Seguridad al Deslizamiento Interno FSsl.

Para muros de gravedad, se determina las cargas laterales aplicadas, para cada incremento de altura del muro,  $H_i$ . Este incremento se mide desde la parte superior del muro hasta cada capa de geocelda analizada; luego se comprueba la resistencia al deslizamiento de cada capa considerando una base  $B'w$  para cada una, como se puede ver en la Figura

H'	B'W	AREA 1	LS	Ys	W1	AREA 2	W2
2	3.50	6.66	0.00	13.91	92.64	0.00	0.00
2	3.16	6.00	0.00	13.91	83.46	0.00	0.00
2	2.83	5.33	0.00	13.91	74.14	0.00	0.00

**Psh:** fuerza horizontal debido al terreno retenido

$$P_{sh} = 0.5 \cdot Ka \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \cos\delta$$

**Psv:** fuerza vertical debido al terreno retenido

$$P_{sv} = 0.5 \cdot Ka \cdot \gamma_r \cdot H^2 \cdot \sen\delta$$

**Pqh:** fuerza horizontal debido a carga uniformemente repartida

$$P_{qh} = Ka \cdot q \cdot H \cdot \cos\delta$$

**Pqv:** fuerza vertical debido a carga uniformemente repartida

$$P_{qv} = Ka \cdot q \cdot H \cdot \sen\delta$$

H	Psh	Psv	Pqh	Pqv
2	21.53kn/m	7.80kn/m	17412.36kn/m	6090.90kn/m
2	21.53kn/m	7.80kn/m	17412.36kn/m	6090.90kn/m
2	21.53kn/m	7.80kn/m	17412.36kn/m	6090.90kn/m

$$W' = [(H \cdot B_w) - (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_f)] \cdot \gamma_i$$

$$W' = W_i + W_w + L_s \cdot \gamma_r$$

H	W'	W'
2	0.00kn/m	0.91kn/m
2	224.08kn/m	0.82kn/m
2	196.54kn/m	0.73kn/m

$$W = W' + (0.5 \cdot H^2 \cdot \tan w_b) \cdot \gamma_1$$

$$FS_{sl} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})} + c_f \cdot B_w$$

$$FS_{sl} = \frac{(W' + P_{sv} + P_{qv}) \cdot \tan \phi_f}{(P_{sh} + P_{qh})}$$

H	W	H	FS	FS
2	0.91kn/m	2	34.52	1.506 <b>OK</b>
2	0.82kn/m	2	31.18	1.506 <b>OK</b>
2	0.73kn/m	2	27.95	1.506 <b>OK</b>

### Paso 2: Determinación del Factor de Seguridad de Vuelco Interno FSot.

Para el caso de muros de gravedad, se tiene que hallar los momentos que actúan sobre la estructura con respecto al talón exterior de la base; para esto se tiene que considerar una base B'w para cada capa de geocelda de altura Hi, como se puede ver en la Figura

H	Pa	Ph	Pv
2	32.68	27.00	18.41
2	32.68	27.00	18.41
2	32.68	27.00	18.41

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H'^2 K_a$$

$$P_h = P_a \cdot \cos(15 + \frac{2}{3} \phi'_1)$$

$$P_v = P_a \cdot \sin(15 + \frac{2}{3} \phi'_1)$$

H	Area - m2	Peso kn-m	Brazo - m	M - (kn-m/m)	$M_o = P_h \left( \frac{H'}{3} \right)$	Fs (vol.)
2	6.66	92.64	2.25	208.44	18.00	11.58
2	6.00	83.46	1.91	159.41	18.00	8.86
2	5.33	74.14	1.58	117.14	18.00	6.51

Anexo Ensayos de laboratorio

➤ Calicata 01 progresiva 12+100

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40 (NORMA AASHTO T89, T-90, ASTM D-4318)					
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS</b>					
<b>PROYECTO</b> : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la v		<b>TIPO DE MUESTRA</b>		: ALTERADA	
<b>UBICACIÓN</b> : Moyaccasa - Pulcay (km 12+100)		<b>FECHA</b>			
<b>TESISTA</b> : Jhordy Antony, Porras Zamora					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>CALICATA</b> : C - 1					
<b>MUESTRA</b> : M - 01					
<b>PROF. (m)</b> : 0.00 - 1.50m					
<b>LIMITE LIQUIDO</b>					
N° De Recipiente		4	3	2	1
Peso Recipiente (gr)		12.62	12.86	12.80	12.60
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)		29.30	29.22	28.84	29.46
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)		25.14	25.04	24.62	24.76
Peso del Agua (gr)		4.16	4.18	4.22	4.70
Peso Suelo Seco (gr)		12.52	12.18	11.82	12.16
Contenido de Humedad (%)		33.23	34.32	35.70	38.65
N° De Golpes		48	32	23	13
<b>LIMITE PLASTICO</b>					
N° De Recipiente		3	4	5	
Peso Recipiente (gr)		12.58	12.88	12.94	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)		27.92	27.22	27.70	
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)		25.28	24.76	25.16	
Peso del Agua (gr)		2.64	2.46	2.54	
Peso Suelo Seco (gr)		12.70	11.88	12.22	
Contenido de Humedad (%)		20.79	20.71	20.79	
Límite Plástico (%)		20.76			
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>		<b>CARTA DE PLASTICIDAD</b>			
<b>Constantes Físicas De La Muestra</b>					
Límite Líquido (LL)		35.65			
Límite Plástico (LP)		20.76			
Índice de Plasticidad		14.88			

Ing. Claudio Parson Quispitupa  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 78016

### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E-108, ASTM D-2216)

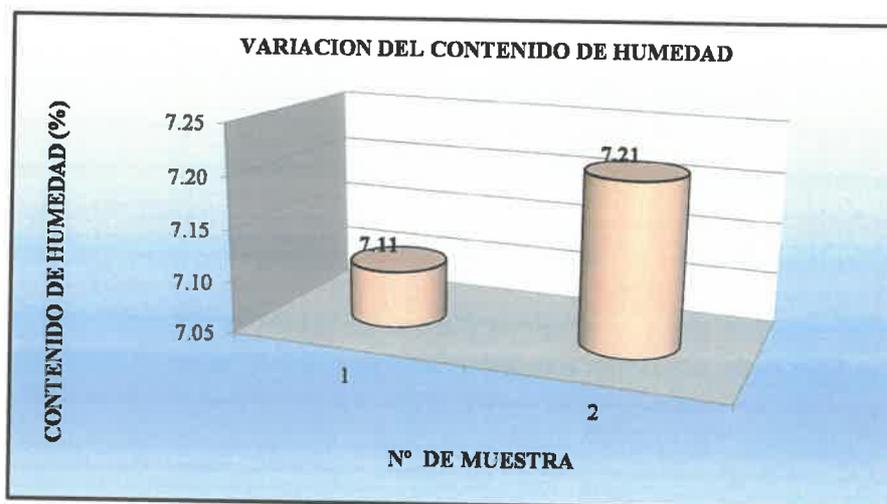
#### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la via Mo TIPO DE MUESTRA : Natural  
UBICACIÓN : Moyaccasa - Pulcay (km 12+100) FECHA  
TESISTA : Jhordy Antony, Porras Zamora

#### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C - 1  
MUESTRA : M - 01  
PROF. (m) : 0.00 - 1.50m

CARACTERISTICAS		M1	M2	M3
Recipiente N°		01	02	
Peso de Recipiente	gr.	15.20	16.54	
Peso de Recipiente + Muestra Humeda	gr.	48.06	48.94	
Peso de Recipiente + Muestra Seca	gr.	45.88	46.76	
Peso de Agua	gr.	2.18	2.18	
Peso de la Muestra Seca	gr.	30.68	30.22	
Contenido de Humedad	(%)	7.11	7.21	
Contenido de Humedad Promedio	(%)	7.16		



*[Signature]*  
Ingeniero Civil  
N° 78016

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, AASHTO T-27, ASTM D-422)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO** : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la vía Moyaccasa - **TIPO DE MUESTRA** : Alterada  
**UBICACIÓN** : Moyaccasa - Pulcay (km 12+100)  
**TESISTA** : Jhordy Antony, Porras Zamora **FECHA** :

**DATOS DE LA MUESTRA**

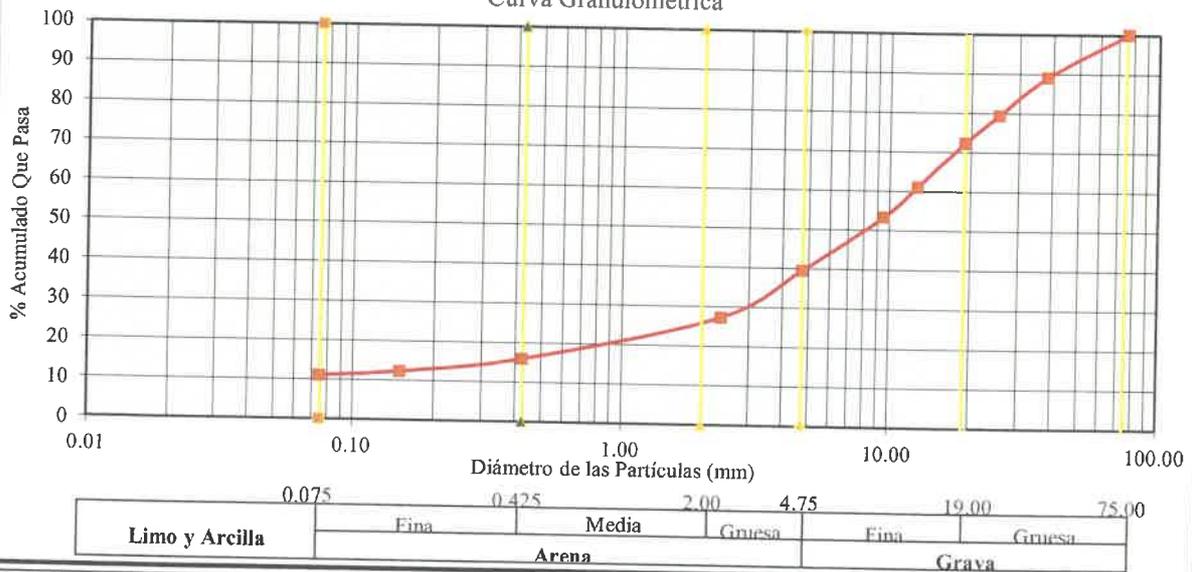
**CALICATA** : C - 1 **TAMAÑO MÁXIMO**  
**MUESTRA** : M - 01 **PESO DE LA MUESTRA** 2126gr  
**PROF. (m)** : 0.00 - 1.50m

Tamiz		Peso Parcial Retenido (gr)	Peso Parcial Corregido (gr)	% Parcial Retenido (%)	% Acumulado Retenido (%)	% Acumulado Que Pasa (%)	Datos de La muestra Observaciones	
in	mm							
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	<i>Datos Para Clasificación</i>	
1 1/2"	38.100	233.00	233.00	10.96	10.96	89.04	Pasa N° 4	39.42
1"	25.400	206.00	206.00	9.69	20.65	79.35	Pasa N° 10	27.14
3/4"	19.050	151.00	151.00	7.10	27.75	72.25	Pasa N° 40	15.80
1/2"	12.700	239.00	239.00	11.24	38.99	61.01	Pasa N° 200	11.01
3/8"	9.525	165.00	165.00	7.76	46.75	53.25	Retiene N° 4	13.83
N° 04	4.750	293.00	294.00	13.83	60.58	39.42		
N° 10	2.360	261.00	261.00	12.28	72.86	27.14	D10	0.07
N° 40	0.425	241.00	241.00	11.34	84.20	15.80	D30	2.92
N° 100	0.150	75.00	75.00	3.53	87.72	12.28	D60	12.29
N° 200	0.075	27.00	27.00	1.27	88.99	11.01	Cu	> 99
Platillo		234.00	234.00	11.01	100.00	0.00	Cc	10.16
<b>TOTAL</b>		<b>2125.00</b>	<b>2126.00</b>	<b>100.00</b>	-	-		

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MUESTRA**

Limite Líquido (%)	35.65	Max. Dens. Seca (gr/cc)	-	Abrasion (%)	-
Limite Plástico (%)	20.76	Humedad óptima (%)	-	Durabilidad Grava	-
Índice Plástico (%)	14.88	CBR.: al 100%	-	Durabilidad Arena	-
Clasificación <b>SUCS</b> <b>AASHTO</b>	GP-GC A-2-6	CBR.: al 95%	-	Sales	-
		Expansion (%)	-	Peso Específico (gr/cc)	2.35
		Equivalente de arena (%)	-	% Absorción	2.99

Curva Granulométrica




  
**Jhordy Antony Porras Zamora**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 12010

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION**

N 200= 11.01  
N 4= 39.42  
L.L.= 35.65  
I.P.= 14.88

Cu = > 99  
Cc = 10.16

**CLASIFICACION SUCS**

**GP-GC**

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES			
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningun fino	Cu > 4 1 < Cc < 3			
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para GW			
		GM	Gravas limosas, mezcla grava- arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo		
		GC	Gravas arcillosas, mezcla gravo-arena-arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7			
	Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningun fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	Cu > 6 1 < Cc < 3		
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para SW		
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material esta en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7		
		Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Limite líquido wL < 50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulometrica. 2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble símbolo	
				CL	Arcillas inorganicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.		
OL	Limos organicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad						
limos y arcillas (Limite líquido wL > 50)	MH		Limos inorganicos, suelos limosos o arenosos finos micaceos o diatomaceos, suelos elasticos.				
	CH		Arcillas organicas de alta plasticidad, arcillas grasas.				
	OH		Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos				
Suelos Altamente orgánicos	Pt		Turba o otros suelos altamente organicos				

  
 Ing. Carlos Parra Quispitupa
   
 INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
   
 15/11/2010

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO**

CLASIFICACIÓN AASHTO **A-2-6** Grava y Arena Arcillosa o Limosa

Nº 10= 27.14  
 Nº 40= 15.80  
 Nº 200= 11.01  
 L.L.= 35.65  
 I.P.= 14.88  
 I.C.= 0.00

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)					Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2-4		A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7		
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) Nº 40 (0.425mm) Nº 200 (0.075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40	35 máx								
Límite líquido	-								
Índice de plasticidad	-								
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa		Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrupo	Excelente a bueno								
	Pobre a malo								

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Índice de grupo :

$$IG = (F - 35) \cdot [0,2 + 0,005 \cdot (LL - 40)] + 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

Siendo :

F : % que pasa el tamiz ASTM nº 200.

LL : límite líquido.

IP : índice de plasticidad d.

El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A - 2 - 6 y A - 2 - 7 se calcula usando sólo :  $IG = 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$



## DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL METODO DEL CONO DE ARENA

(NORMA MTC E-117, ASTM D-1556-64 y D-2167-66)

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

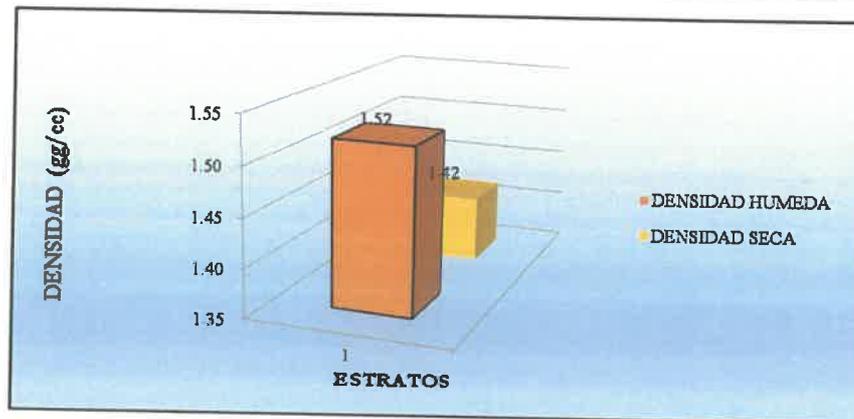
**PROYECTO** : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la via **TIPO DE MUESTRA** : INSITU  
**UBICACIÓN** : Moyaccasa - Pulcay (km 12+100) **FECHA**  
**TESISTA** : Jhordy Antony, Porras Zamora

### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA** : C - 1  
**MUESTRA** : M - 01  
**PROF. (m)** : 0.00 - 1.50m

### CARACTERISTICAS

	M-1	M-2	M3
Peso Inicial Arena + Frasco (Wo)	gr. 6,996.00		
Peso Final Arena + Frasco (Wf)	gr. 2,541.00		
Peso de Arena en Cono y Placa (Wc)	gr. 1,735.00		
Peso Unitario Arena (yd)	gr/cc 1.40		
Peso de Arena en Hoyo (We)	gr. 2,720.00		
Volumen del Hoyo (v)	cc. 1,942.86		
Recipiente (Capsula) N°	D		
Peso Suelo Humedo Extraido + Recipiente (Wth)	gr. 2,954.00		
Peso de Recipiente (t)	gr. -		
Peso Suelo Humedo Extraido (Wh)	gr. 2,954.00		
Volumen Suelo Humedo (v)	cc. 1,942.86		
Recipiente (Capsula) N°	G		
Peso Total Húmedo (Wth)	gr. 48.50		
Peso Suelo Seco (Wts)	gr. 46.32		
Peso de Recipiente (t)	gr. 15.87		
Peso de Agua (Ww)	gr. 2.18		
Peso Suelo Seco (Ws)	gr. 30.45		
% Humedad Suelo (%W)	(%) 7.16		
Densidad Suelo Humedo Insitu (pm)	gr/cc 1.52		
Densidad Suelo Seco Insitu (pd)	gr/cc 1.42		
Peso Unitario Humedo	Kn/m3 14.91		
Peso Unitario Seco	Kn/m3 13.91		



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D 3080)

**PROYECTO:**

LA ESTABILIDAD DE TALUD Y LA TRANSITABILIDAD DE LA VIA MOYACCASA - PULCAY CON GEOCELDA  
 COMO ALTERNATIVA DE ESTABILIZACION EN LA PROGRESIVA (12+100 - 12+180), DISTRITO DE HUACCANA -  
 CHINCHEROS 2019

**MUESTRA:** CALICATA N° 01

**PROF. :** 1.50 m

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE HUACCANA PROVINCIA DE CHINCHEROS  
 REGION APURIMAC

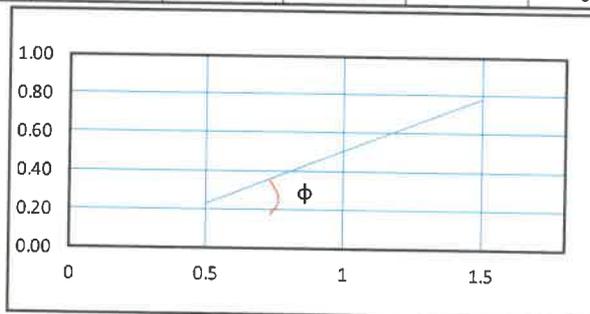
**SOLICITADO:** JHORDY PORRAS ZAMORA

**FECHA :**

MUESTRA N° CALICATA N° 01	PROF. 1.50 m	CONST ANILI 0.001" 0.0025 Cm.
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Capsula N°	gr.	1
Suelo humado + capsula	gr.	126.00
Suelo seco + capsula	gr.	118.00
Peso del agua	gr.	8.00
Peso de la capsula.	gr.	0.00
Peso del suelo seco	gr.	118.00
Porcentaje de Humedad	%	6.78
		Ancho de la seccion <b>b</b> Cm 6.00
		Altura <b>H</b> Cm 2.00
		Area de la sección <b>Ao</b> Cm <sup>2</sup> 36.00
		Volumen Cm <sup>3</sup> 72.00
		Peso Húmedo gr. 126.00
		Densidad Natural Humeda Gr./Cm <sup>3</sup> 1.75
		Densidad Natural Seca Gr./Cm <sup>3</sup> 1.64

**OBSERVACIONES:** MUESTRA REMOLDEADA

DEFORMACION Horizontal D 0.001"	ACORTAMIENTO Horizontal AD d*0.00254	AREA CORREGIDA A' =Ao-b*AD Cm <sup>2</sup>	FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			ESFUERZO CORTANTE τ		
			Ph : Kg.			Ph/A' : Kg./Cm <sup>2</sup>		
			N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3
20	0.0508	35.6952	8	9	10	0.22	0.25	0.28
40	0.1016	35.3904	16	21	23	0.45	0.59	0.65
60	0.1524	35.0856	26	25	30	0.74	0.71	0.86
80	0.2032	34.7808	35	34	45	1.01	0.98	1.29
100	0.254	34.4760	47	48	48	1.36	1.39	1.39
120	0.3048	34.1712	62	56	66	1.81	1.64	1.93
140	0.3556	33.8664	74	64	75	2.19	1.89	2.21
160	0.4064	33.5616	78	84	93	2.32	2.50	2.77
180	0.4572	33.2568	80	96	108	2.41	2.89	3.25
200	0.508	32.9520	83	112	117	2.52	3.40	3.55
220	0.5588	32.6472	85	116	121	2.60	3.55	3.71
240	0.6096	32.3424	94	120	129	2.91	3.71	3.99
260	0.6604	32.0376			138	0.00	0.00	4.31
280	0.7112	31.7328			201	0.00	0.00	6.33
300	0.762	31.4280			265	0.00	0.00	8.43
320	0.8128	31.1232				0.00	0.00	0.00



**COHESION = 0.15 Kg/cm<sup>2</sup>**  
**ANGULO DE FRICCION φ = 28.92 °**



## ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 - 2000

**PROYECTO:**

LA ESTABILIDAD DE TALUD Y LA TRANSITABILIDAD DE LA VIA MOYACCASA - PULCAY, CON GEOCELDAS COMO ALTERNATIVA DE ESTABILIZACION EN LA PROGRESIVA 12+100 AL 12+180 DISTRITO DE HUACCANA, PROVINCIA DE CHINCHEROS - 2019

**MUESTRA:** C-1

**PROF. :** 1.50m

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE HUACCANA, PROVINCIA DE CHINCHEROS  
REGION APURIMAC

**SOLICITADO:** JHORDY PORRAS ZAMORA

**FECHA :**

Determinación	Nº	1	2	3	4	5
Peso del Molde y Muestra	gr.	6590	7050	7250	7190	7010
Peso del Molde	gr.	2910	2910	2910	2910	2910
Peso de la Muestra Compacta	gr.	3680	4140	4340	4280	4100
Densidad Humeda	gr/cc.	1.75	1.97	2.06	2.03	1.95
Densidad Seca	gr/cc.	1.69	1.87	1.93	1.86	1.76

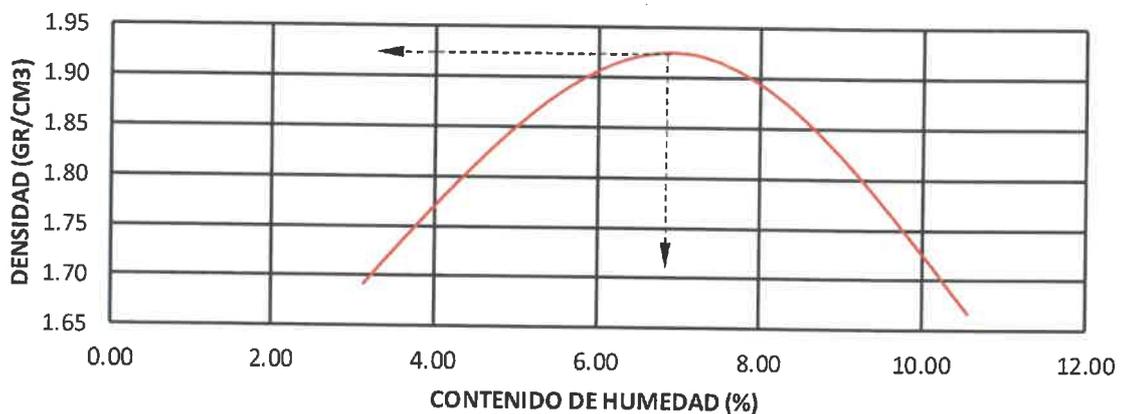
### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro	No	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Peso del Tarro	gr.	13.8	14.2	14.8	13.4	13.5	14.2	14.6	15.1	13.4	14.5
Peso del T. + Suelo Humedo	gr.	48.2	49.8	50.1	49.8	55.2	53.6	51.3	52.2	49.2	47.3
Peso del T. + Suelo Seco	gr.	47.1	48.7	48.4	47.9	52.5	51.2	48.2	49.0	45.7	44.1
Peso del Agua	gr.	1.1	1.1	1.7	1.9	2.7	2.4	3.1	3.2	3.5	3.2
Peso del Suelo Seco	gr.	33.3	34.5	33.6	34.5	39.0	37.0	33.6	33.9	32.3	29.6
Contenido de Humedad	%	3.3	3.2	5.1	5.5	6.9	6.6	9.2	9.4	10.8	10.7
Contenido de Humedad Promec	%	3.26		5.28		6.76		9.33		10.77	

**DENSIDAD MAXIMA =** 1.93 Tn/m3

**HUMEDAD OPTIMA =** 6.8%

### CURVA DE DENSIDAD



**Jhordy Porras Zamora**  
 INGENIERO CIVIL  
 Nº 78916

➤ Ensayo de laboratorio C-2

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA AASHTO T89, T-90, ASTM D-4318)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**

PROYECTO : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la v  
 UBICACIÓN : Moyaccasa - Pulcay (km 12+180) TIPO DE MUESTRA :ALTERADA  
 TESISTA : Jhordy Antony, Porras Zamora FECHA

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA :C-2  
 MUESTRA :M-02  
 PROF. (m) :0.00 - 1.50m

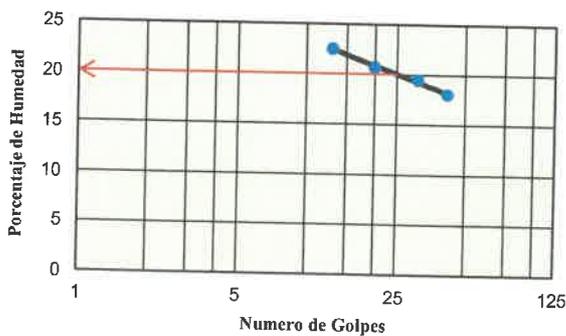
**LIMITE LIQUIDO**

N° De Recipiente	4	3	2	1
Peso Recipiente (gr)	12.60	12.78	12.82	12.60
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)	30.54	30.58	29.96	29.92
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)	27.80	27.68	27.02	26.74
Peso del Agua (gr)	2.74	2.90	2.94	3.18
Peso Suelo Seco (gr)	15.20	14.90	14.20	14.14
Contenido de Humedad (%)	18.03	19.46	20.70	22.49
N° De Golpes	42	31	20	13

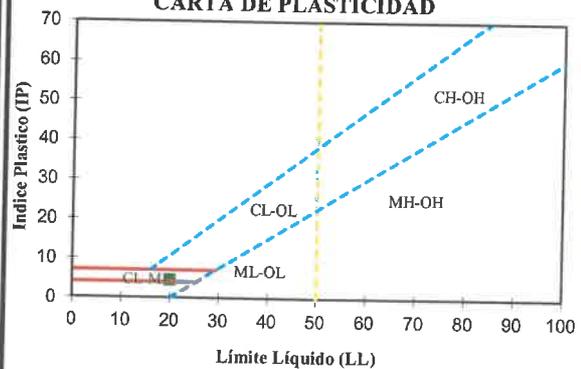
**LIMITE PLASTICO**

N° De Recipiente	3	4	5	
Peso Recipiente (gr)	12.56	12.88	15.24	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (gr)	27.02	28.78	30.42	
Peso Recipiente + Suelo Seco (gr)	25.06	26.66	28.38	
Peso del Agua (gr)	1.96	2.12	2.04	
Peso Suelo Seco (gr)	12.50	13.78	13.14	
Contenido de Humedad (%)	15.68	15.38	15.53	
Límite Plástico (%)				15.53

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CARTA DE PLASTICIDAD**



**Constantes Físicas De La Muestra**

Límite Líquido (LL)	20.04
Límite Plástico (LP)	15.53
Índice de Plasticidad	4.51



## CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E-108, ASTM D-2216)

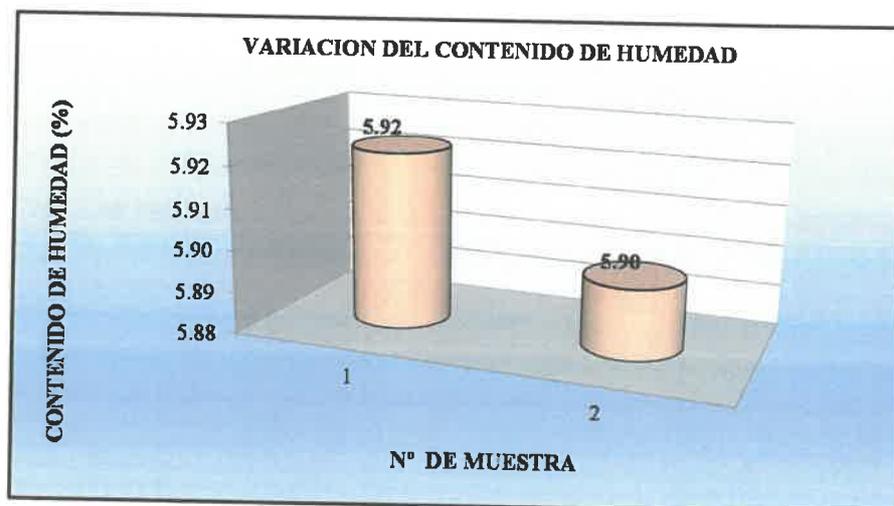
### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la via Mo; TIPO DE MUESTRA : Natural  
UBICACIÓN : Moyaccasa - Pulcay (km 12+180) FECHA : 09-05-2019  
TESISTA : Jhordy Antony, Porras Zamora

### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-2  
MUESTRA : M-02  
PROF. (m) : 0.00 - 1.50m

CARACTERISTICAS		M1	M2	M3
Recipiente N°		01	02	
Peso de Recipiente	gr.	14.96	14.34	
Peso de Recipiente + Muestra Humeda	gr.	48.94	48.82	
Peso de Recipiente + Muestra Seca	gr.	47.04	46.90	
Peso de Agua	gr.	1.90	1.92	
Peso de la Muestra Seca	gr.	32.08	32.56	
Contenido de Humedad	(%)	5.92	5.90	
Contenido de Humedad Promedio	(%)	5.91		



In. *[Signature]*  
Ingeniero Civil  
GIP 76010

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, AASHTO T-27, ASTM D-422)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO** : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la vía Moyaccasa - **TIPO DE MUESTRA** : Alterada  
**UBICACIÓN** : Moyaccasa - Pulcay (km 12+180)  
**TESISTA** : Jhordy Antony, Porras Zamora **FECHA**

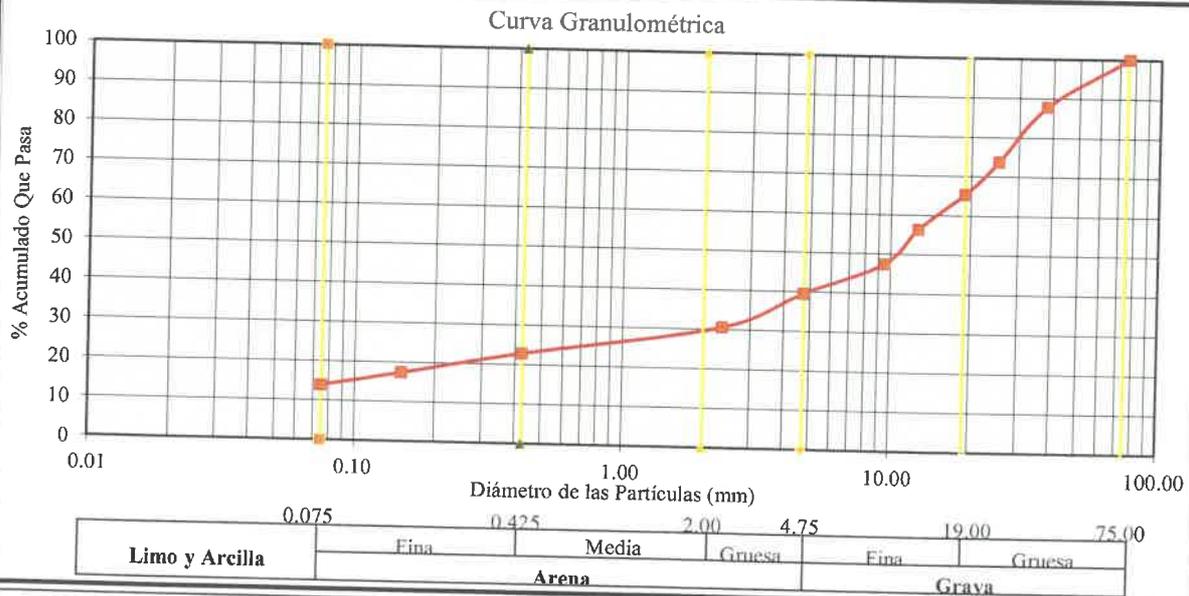
**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-2 **TAMANO MAXIMO**  
**MUESTRA** : M-02 **PESO DE LA MUESTRA** 2571gr  
**PROF. (m)** : 0.00 - 1.50m

Tamiz		Peso Parcial Retenido (gr)	Peso Parcial Corregido (gr)	% Parcial Retenido (%)	% Acumulado Retenido (%)	% Acumulado Que Pasa (%)	Datos de La muestra Observaciones	
in	mm							
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Datos Para Clasificación</b>	
1 1/2"	38.100	315.00	315.00	12.25	12.25	87.75	Pasa N° 4	39.44
1"	25.400	362.00	363.00	14.12	26.37	73.63	Pasa N° 10	30.42
3/4"	19.050	214.00	214.00	8.32	34.69	65.31	Pasa N° 40	22.71
1/2"	12.700	232.00	232.00	9.02	43.72	56.28	Pasa N° 200	13.81
3/8"	9.525	229.00	229.00	8.91	52.63	47.37	Retiene N° 4	7.93
N° 04	4.750	204.00	204.00	7.93	60.56	39.44		
N° 10	2.360	232.00	232.00	9.02	69.58	30.42	D10	0.05
N° 40	0.425	198.00	198.00	7.70	77.29	22.71	D30	2.26
N° 100	0.150	139.00	139.00	5.41	82.69	17.31	D60	15.32
N° 200	0.075	90.00	90.00	3.50	86.19	13.81	Cu	> 99
Platillo		355.00	355.00	13.81	100.00	0.00	Cc	6.11
<b>TOTAL</b>		<b>2570.00</b>	<b>2571.00</b>	<b>100.00</b>	-	-		

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MUESTRA**

Limite Líquido (%)	20.04	Max. Dens. Seca (gr/cc)	-	Abración (%)	-
Limite Plástico (%)	15.53	Humedad óptima (%)	-	Durabilidad Grava	-
Índice Plástico (%)	4.51	CBR.: al 100%	-	Durabilidad Arena	-
Clasificación <b>SUCS</b> <b>AASHTO</b>	<b>GC-GM</b> <b>A-1-aA-1-b</b>	CBR.: al 95%	-	Sales	-
		Expansion (%)	-	Peso Especifico (gr/cc)	2.35
		Equivalente de arena (%)	-	% Absorción	2.99



**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION**

N 200= 13.81  
N 4= 39.44  
L.L.= 20.04  
I.P.= 4.51

Cu = > 99  
Cc = 6.11

**CLASIFICACION SUCS**

**GC-GM**

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas Limpias (poco o ningun fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningun fino	Cu > 4 1 < Cc < 3	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para GW	
			GM	Gravas limosas, mezcla grava- arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla gravo-areno-arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
	Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningun fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material esta en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
		Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Límite líquido wl < 50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulometrica. 2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble simbolo
				CL	Arcillas inorganicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
OL	Limos organicos, arcillas limosas organicas de baja plasticidad					
limos y arcillas (Límite líquido wl > 50)	MH		Limos inorganicos, suelos limosos o arenosos finos micaceos o diatomacos, suelos elasticos.			
	CH	Arcillas organicas de alta plasticidad, arcillas grasas.				
	OH	Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos organicos				
Suelos Altamente organicos	Pt	Turba o otros suelos altamente organicos				



  
 Ing. Guido Pineda Ospitupa  
 INGENIERO CIVIL  
 C.R. 19848

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO**

CLASIFICACION AASTRO

A-1-aA-1-b

Fracmentos de Roca, Grava y Arena  
de Roca, Grava y Arena

Nº 10= 30.42  
Nº 40= 22.71  
Nº 200= 13.81  
L.L.= 20.04  
I.P.= 4.51  
I.G= 0.00

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2-4			A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6	
Grupo:	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) Nº 40 (0,425mm) Nº 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 2.5 máx	- 51 mín 10 máx	- 35 máx	- 35 máx	- 35 máx	- 35 máx	- 36 mín	- 36 mín	- 36 mín	- 36 mín
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Límite líquido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice de plasticidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Constituyentes principales	Fractmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30  
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Índice de grupo :

$$IG = (F - 35) \cdot [0,2 + 0,005 \cdot (LL - 40)] + 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

Siendo :

F : % que pasa el tamiz ASTM nº 200.

LL : límite líquido.

IP : índice de plasticidad d.

El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A - 2 - 6 y A - 2 - 7 se calcula usando sólo :  $IG = 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$



## DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL METODO DEL CONO DE ARENA

(NORMA MTC E-117, ASTM D-1556-64 y D-2167-66)

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

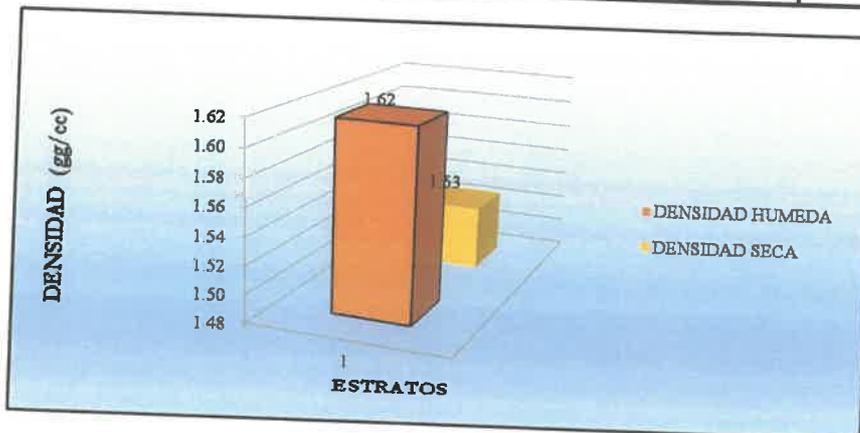
**PROYECTO** : La estabilidad de talud y la transitabilidad de la via | **TIPO DE MUESTRA** : INSITU  
**UBICACIÓN** : Moyaccasa - Pulcay (km 12+180) | **FECHA** :  
**TESISTA** : Jhordy Antony, Porras Zamora

### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA** : C-2  
**MUESTRA** : M-02  
**PROF. (m)** : 0.00 - 1.50m

### CARACTERISTICAS

	M-1	M-2	M3
Peso Inicial Arena + Frasco (Wo)	gr. 7,634.00		
Peso Final Arena + Frasco (Wf)	gr. 2,638.00		
Peso de Arena en Cono y Placa (Wc)	gr. 1,735.00		
Peso Unitario Arena (yd)	gr/cc 1.40		
Peso de Arena en Hoyo (We)	gr. 3,261.00		
Volumen del Hoyo (v)	cc. 2,329.29		
Recipiente (Capsula) N°	D		
Peso Suelo Humedo Extraido + Recipiente (Wth)	gr. 3,767.00		
Peso de Recipiente (t)	gr. -		
Peso Suelo Humedo Extraido (Wh)	gr. 3,767.00		
Volumen Suelo Humedo (v)	cc. 2,329.29		
Recipiente (Capsula) N°	G		
Peso Total Húmedo (Wth)	gr. 48.88		
Peso Suelo Seco (Wts)	gr. 46.97		
Peso de Recipiente (t)	gr. 14.65		
Peso de Agua (Ww)	gr. 1.91		
Peso Suelo Seco (Ws)	gr. 32.32		
% Humedad Suelo (%W)	(%) 5.91		
Densidad Suelo Humedo Insitu (pm)	gr/cc 1.62		
Densidad Suelo Seco Insitu (pd)	gr/cc 1.53		
Peso Unitario Humedo	Kn/m3 15.86		
Peso Unitario Seco	Kn/m3 14.98		




  
*[Firma]*
  
 In. Guido Porlán Quiroz
   
 INGENIERO CIVIL
   
 SIP 78016

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D 3080)

**PROYECTO:**

LA ESTABILIDAD DE TALUD Y LA TRANSITABILIDAD DE LA VIA MOYACCASA - PULCAY CON GEOCELDAS COMO ALTERNATIVA DE ESTABILIZACION EN LA PROGRESIVA (12+100 - 12+180), DISTRITO DE HUACCANA - CHINCHEROS 2019

**MUESTRA:** CALICATA N° 02

**PROF. :** 1.50 m

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE HUACCANA PROVINCIA DE CHINCHEROS  
REGION APURIMAC

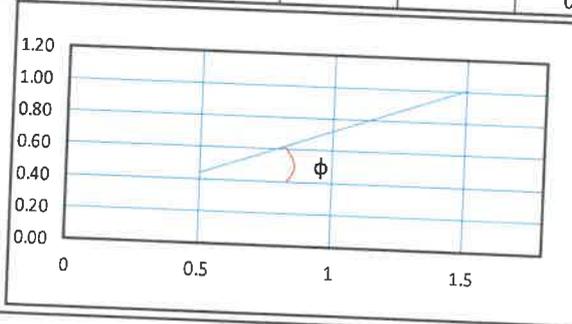
**SOLICITADO:** JHORDY PORRAS ZAMORA

**FECHA :**

MUESTRA N° CALICATA N° 02	PROF. 1.50 m	CONST ANILI 0.001"	0.0025 Cm.
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
Capsula N°	gr.	1	Ancho de la seccion b
Suelo humado + capsula	gr.	117.00	Cm 6.00
Suelo seco + capsula	gr.	111.00	Altura H
Peso del agua	gr.	6.00	Area de la sección A <sub>o</sub>
Peso de la capsula.	gr.	0.00	Cm <sup>2</sup> 36.00
Peso del suelo seco	gr.	111.00	Volumen
Porcentaje de Humedad	%	5.41	Cm <sup>3</sup> 72.00
			Peso Húmedo
			gr. 117.00
			Densidad Natural Humeda
			Gr./Cm <sup>3</sup> 1.63
			Densidad Natural Seca
			Gr./Cm <sup>3</sup> 1.54

**OBSERVACIONES:** MUESTRA REMOLDEADA

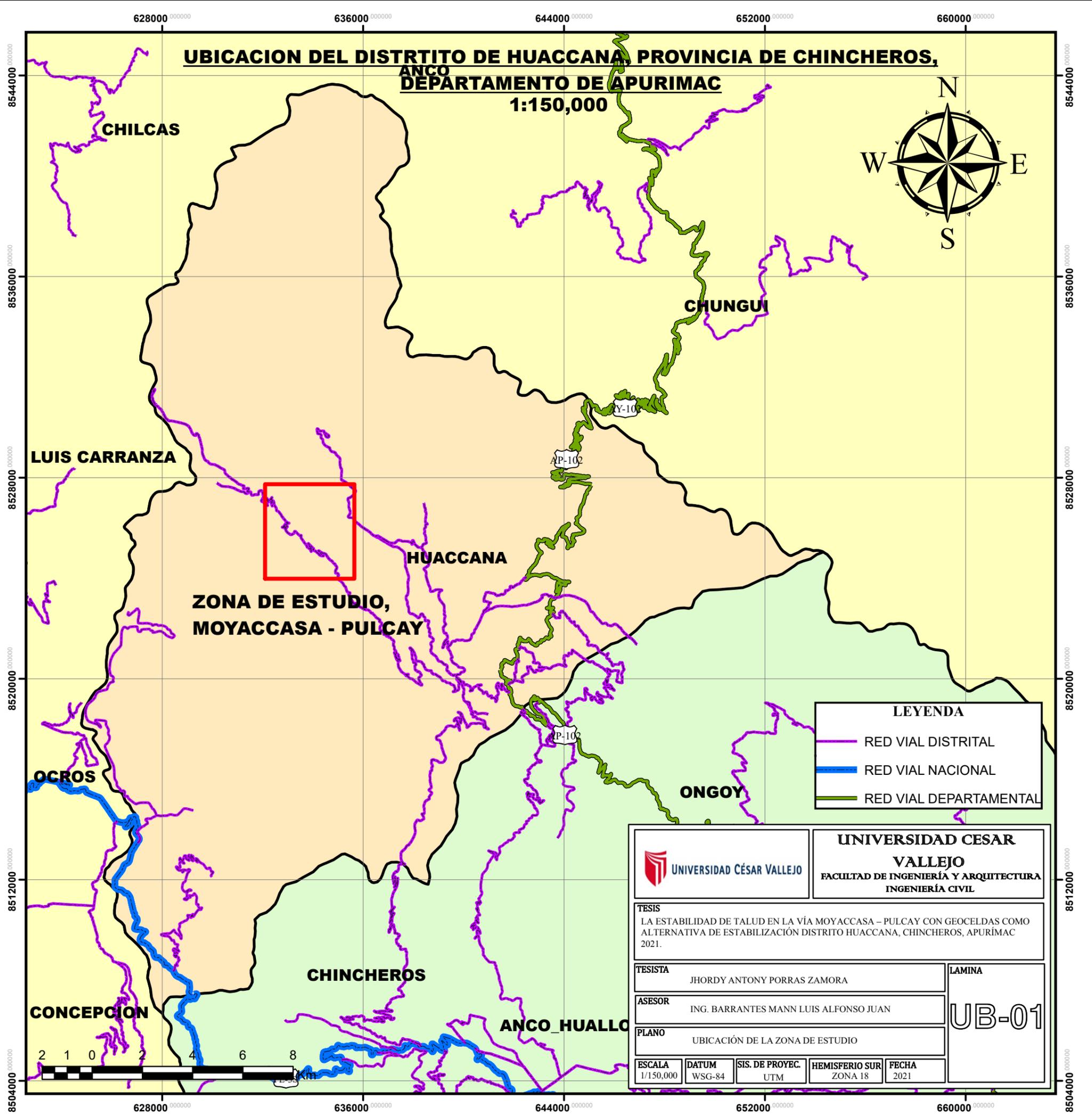
DEFORMACION Horizontal D 0.001"	ACORTAMIENTO Horizontal AD d*0.00254	AREA CORREGIDA A' = A <sub>o</sub> - b*AD Cm <sup>2</sup>	FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			ESFUERZO CORTANTE τ		
			Ph : Kg.			Ph/A' : Kg./Cm <sup>2</sup>		
			N° 1	N° 2	N° 3	N° 1	N° 2	N° 3
20	0.0508	35.6952	36	47	100	1.01	1.32	2.80
40	0.1016	35.3904	85	97	136	2.40	2.74	3.84
60	0.1524	35.0856	142	150	166	4.05	4.28	4.73
80	0.2032	34.7808	155	165	171	4.46	4.74	4.92
100	0.254	34.4760	161	176	196	4.67	5.11	5.69
120	0.3048	34.1712	170	179	205	4.97	5.24	6.00
140	0.3556	33.8664		190	235	0.00	5.61	6.94
160	0.4064	33.5616		197	295	0.00	5.87	8.79
180	0.4572	33.2568		201	310	0.00	6.04	9.32
200	0.508	32.9520		203	345	0.00	6.16	10.47
220	0.5588	32.6472			347	0.00	0.00	10.63
240	0.6096	32.3424				0.00	0.00	0.00
260	0.6604	32.0376				0.00	0.00	0.00
280	0.7112	31.7328				0.00	0.00	0.00
300	0.762	31.4280				0.00	0.00	0.00
320	0.8128	31.1232				0.00	0.00	0.00

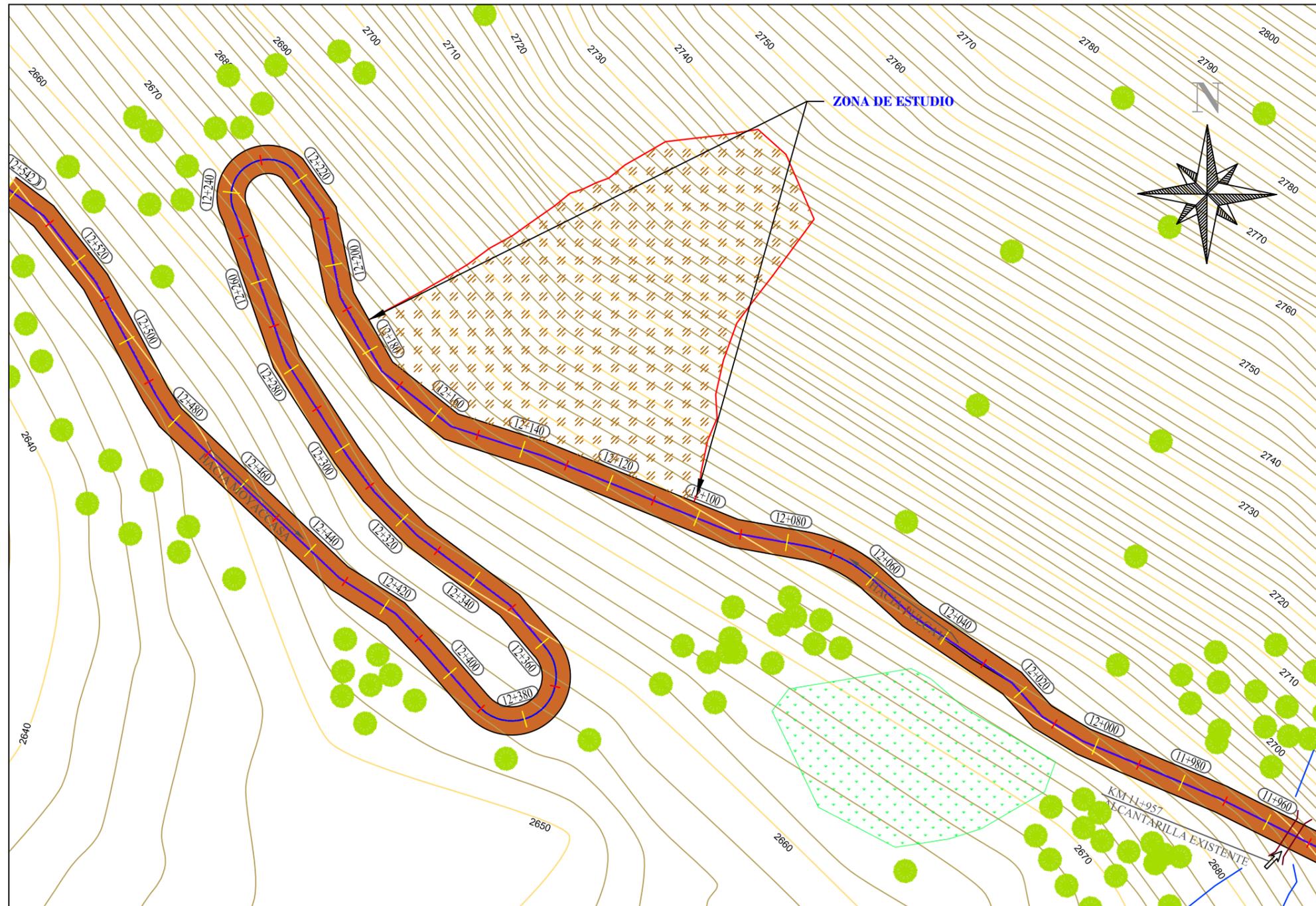


**COHESION** = **0.17 Kg/cm<sup>2</sup>**  
**ANGULO DE FRICCION** φ = **29.48 °**



*Jhordy Porras Zamora*  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP 78016**





SIMBOLOGÍA	
CURVA PRIMARIA 10 m	
CURVA SEGUNDARIA 2 m	
BORDE DE VÍA	
EJE DE VÍA	
QUEBRADA	
VEGETACIÓN	
PARCELA DE SEMBRIO	
DESPLAZAMIENTO ACTIVO	

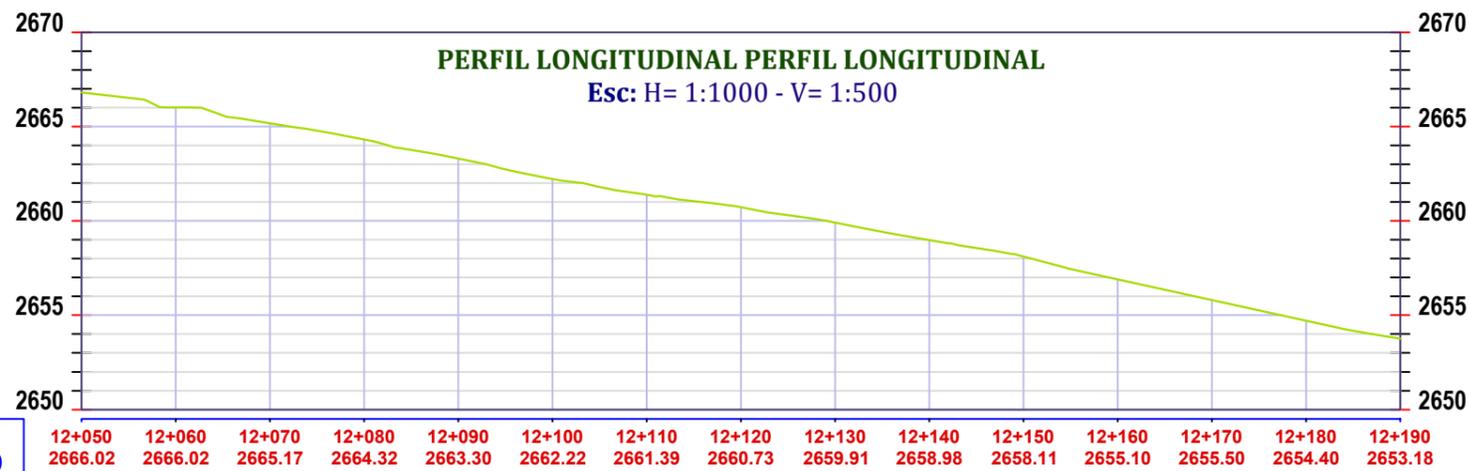
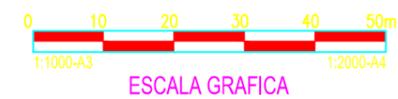


VISTA FOTOGRÁFICA

ESC. S/E

**PLANO TOPOGRÁFICO**

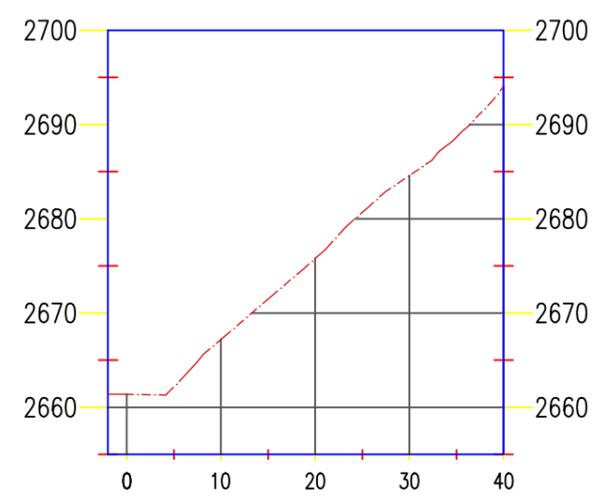
ESC. 1:1000



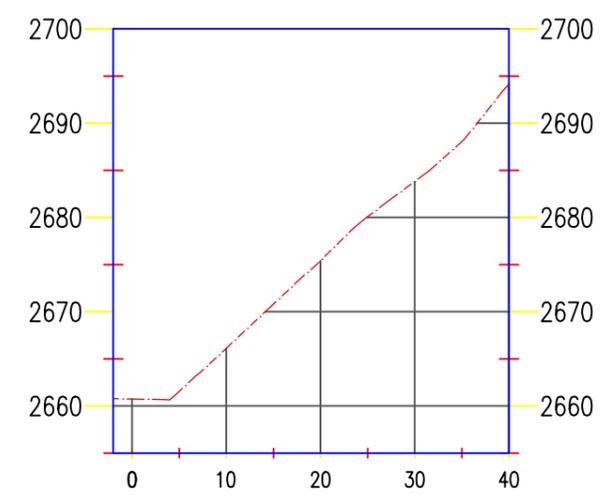
PROGRESIVA  
COTA TERRENO

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS LA ESTABILIDAD DE TALUD EN LA VÍA MOYACCASA – PULCAY CON GEOCELDAS COMO ALTERNATIVA DE ESTABILIZACIÓN DISTRITO HUACCANA, CHINCHEROS, APURÍMAC 2021.	
TESISISTA JHORDY ANTONY PORRAS ZAMORA	LAMINA <b>T-01</b>	
ASESOR ING. BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN	PLANO TOPOGRAFÍA DEL PROYECTO	
ESCALA 1/1000	DATUM WSG - 84	SIS. DE PROYEC. UTM
HEMISFERIO SUR ZONA 18	FECHA 2021	

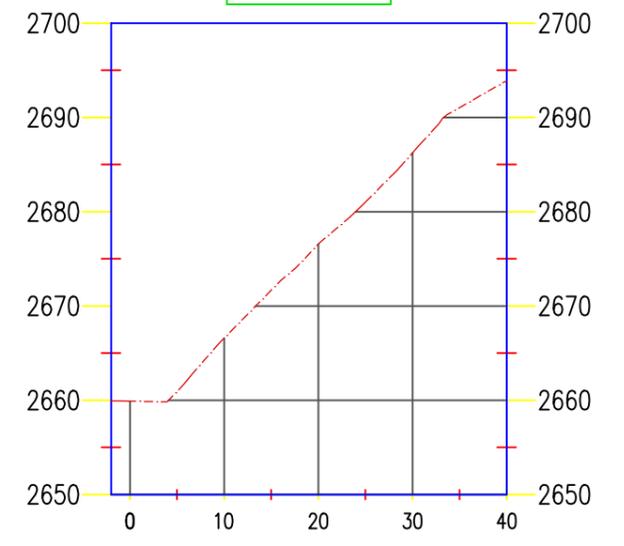
12+100



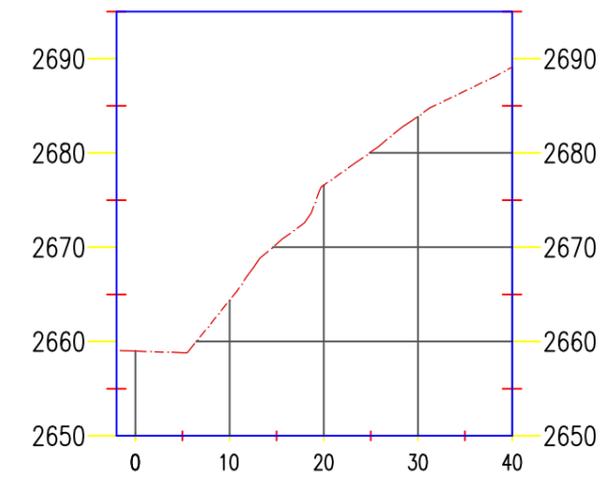
12+110



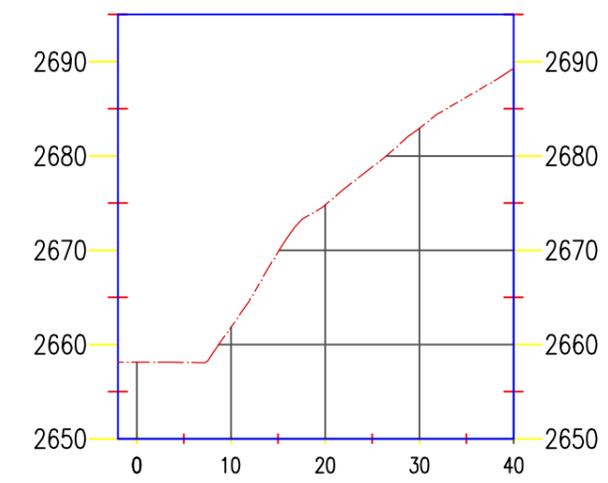
12+120



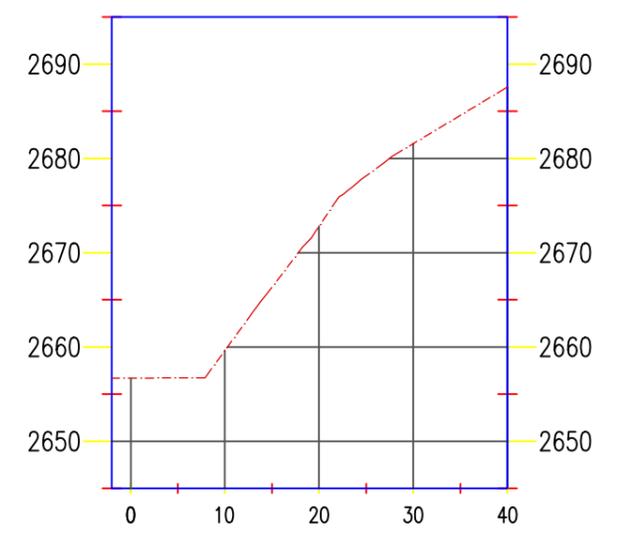
12+140



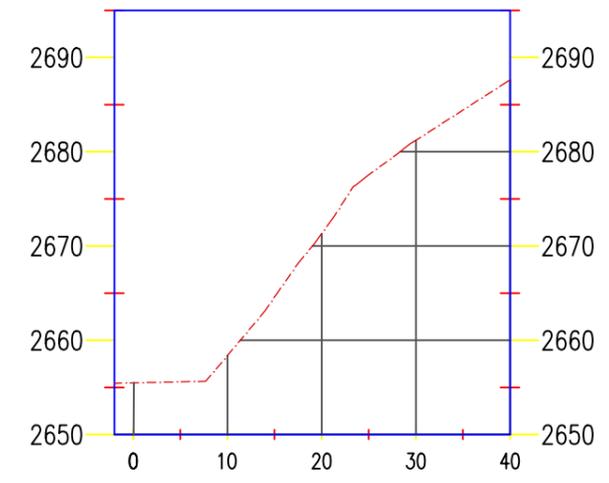
12+150



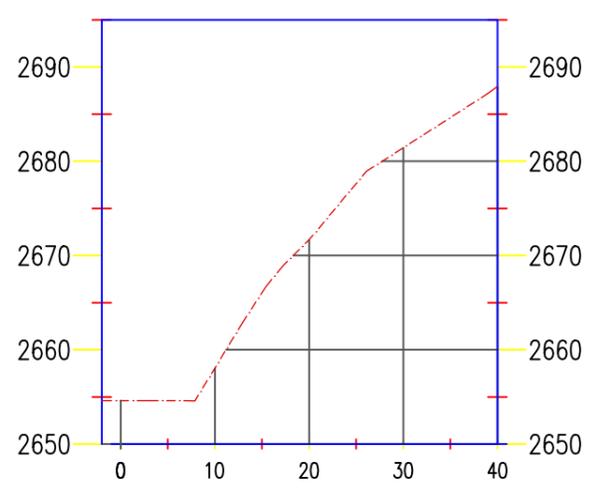
12+160



12+170



12+180



 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA INGENIERÍA CIVIL	
TESIS LA ESTABILIDAD DE TALUD EN LA VÍA MOYACCASA – PULCAY CON GEOCELIDAS COMO ALTERNATIVA DE ESTABILIZACIÓN DISTRITO HUACCANA, CHINCHEROS, APURÍMAC 2021.			
TESISTA		JHORDY ANTONY PORRAS ZAMORA	
ASESOR		ING. BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN	
PLANO		SECCIONES TRANSVERSALES	
ESCALA 1/750	DATUM WSG - 84	SIS. DE PROYEC. UTM	HEMISFERIO SUR ZONA 18
			ST-01