



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con  
estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San  
Gabán – Puno, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Casa Coila, Victor Ramiro (<https://orcid.org/0000-0002-9448-8689>)

**ASESOR:**

Dr. Benites Zuñiga, Jose Luis (<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Este proyecto de investigación de tesis va dedicado a mis padres, mi hijo y mis familiares a todos aquellos que hicieron lo posible por contribuir en lo posible hacia mi persona para continuar en la lucha de ver lograr mis objetivos profesionales y personales. Por el apoyo moral, psicológico incondicional que me brindan en cada instante y no decaer pese a las adversidades de la vida.

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios en primer lugar por mantenerme con vida y salud, y que me permite continuar para alcanzar uno de mis objetivos trazados, a mi familia por ser mi fortaleza, mi apoyo continuo e incondicional, por el amor y respaldo que me brindan y enseñarme a no rendirme por este largo camino, al asesor de tesis por ser mi guía en la elaboración de mi proyecto de investigación, a la universidad Cesar Vallejo, solo me queda decir muchas gracias.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
3.2. Variables y operacionalización.....	27
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5. Procedimientos.....	30
3.6. Método de análisis de datos.....	37
3.7. Aspectos éticos.....	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN.....	59
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	67
ANEXOS.....	73

## Índice de tablas

Tabla 1. Coeficientes de seguridad para análisis de estabilidad de taludes. ....	8
Tabla 2. Factor de zona del Perú. ....	10
Tabla 3. Clasificación de suelos de acuerdo a la amplificación sísmica.....	10
Tabla 4. Clasif. de suelos de acuerdo al periodo fundamental de vibración sísmica .....	10
Tabla 5. Valores de máximas aceleraciones (PGA) para capital de departamentos .....	12
Tabla 6. Ecuaciones de equilibrio satisfechas por cada método.....	19
Tabla 7. Resumen de clasificación de suelo y roca según estratos. ....	33
Tabla 8. Resumen del análisis granulométrico y límites de consistencia. ....	34
Tabla 9. Resumen de los parámetros físicos determinados de suelos y roca.....	34
Tabla 10. Resumen de los F.S. por cada progresiva con análisis estático. ....	36
Tabla 11. Resumen de los F.S. por cada progresiva con análisis pseudo-estático. .....	37
Tabla 12. Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y banquetas – bajo condición estática. ....	42
Tabla 13. Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y banquetas – bajo condición pseudo estática. ....	42
Tabla 14. Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática.....	45
Tabla 15. Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática. ....	46
Tabla 16. Resumen de los F.S. relacionado con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática.....	49
Tabla 17. Resumen de los F.S. relacionado con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática.....	49
Tabla 18. Resumen del procesamiento estadístico de las secciones analizadas.	52
Tabla 19. Prueba de normalidad. ....	52
Tabla 20. Grado de relación de coeficiente de correlación de r de Pearson. ....	54
Tabla 21. Grado de correlación de la hipótesis específica 01. ....	54
Tabla 22. Grado de correlación de la hipótesis específica 02. ....	56
Tabla 23. Grado de correlación de la hipótesis específica 03. ....	57

## Índice de figuras

Figura 1. Factor de seguridad .....	9
Figura 2. Zonificación sísmica .....	10
Figura 3. Aceleración máxima horizontal .....	11
Figura 4. Mapa de peligro sísmico para periodo de retorno de 50 años .....	13
Figura 5. Mapa de peligro sísmico para periodo de retorno de 100 años .....	14
Figura 6. Talud artificial (corte o relleno) y ladera natural .....	15
Figura 7. Partes que conforma un talud de deslizamiento .....	16
Figura 8. Representación de dovela según Spencer.....	16
Figura 9. Factor de seguridad según Spencer .....	17
Figura 10. Representación de dovela según Morgenstern y Price .....	17
Figura 11. Factor de seguridad según Morgenstern y Price.....	18
Figura 12. Ecuación de momentos según Morgenstern y Price .....	18
Figura 13. Muros de contención (a) tipo gravedad (b) tipo semi-gravedad .....	19
Figura 14. Muro de contención con contrafuertes .....	20
Figura 15. Muro de gaviones.....	21
Figura 16. Elementos de gavión tipo cajón .....	22
Figura 17. Esquematación del sistema BBM .....	23
Figura 18. Detalle de mallas metálicas ancladas con pernos.....	24
Figura 19. Detalle de modificación de pendiente y excavación de banquetta con aumento de peso en el pie de talud .....	24
Figura 20. Modelo 3D de topografía de la superficie del talud en estudio.....	31
Figura 21. Planeamiento de vuelo con dron .....	31
Figura 22. Creación de nube de puntos 3D.....	31
Figura 23. Modelo 3D georreferenciado .....	31
Figura 24. Realización de la calicata n° 02 .....	32
Figura 25. Realización de la calicata n° 03 .....	32
Figura 26. Presenta material de roca fracturada .....	32
Figura 27. Se observa la geometría de talud en la progresiva 1+780 .....	35
Figura 28. F.S. en condición estático de la prog.: 1+780 .....	35
Figura 29. Se observa la geometría de talud en la progresiva 1+800 .....	37
Figura 30. F.S. en condición pseudo-estático de la prog.: 1+800 .....	37
Figura 31. Mapa político del Perú.....	39

Figura 32. Mapa político del departamento de Puno .....	39
Figura 33. Mapa de la provincia de Carabaya.....	40
Figura 34. Mapa del distrito de San Gabán .....	40
Figura 35. Cuarteo de la calicata 03, para determinar los parámetros físicos del suelo.....	41
Figura 36. F.S. relacionado con el muro de gavión y banqueteta en condición estática de la prog.: 1+790 .....	41
Figura 37. F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y banquetetas – bajo condición estática .....	43
Figura 38. F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y banquetetas – bajo condición pseudo estática .....	44
Figura 39. Corte directo para determinar: cohesión y ángulo de fricción interna del suelo.....	45
Figura 40. F.S. relacionado con muros de gavión y malla metálica condición pseudo estática de la prog.: 1+790 .....	45
Figura 41. F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática .....	47
Figura 42. F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática .....	47
Figura 43. Granulometría de suelo por cada calicata.....	48
Figura 44. F.S. relacionado con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas condición pseudo estática de la prog.: 1+790 .....	48
Figura 45. F.S. del talud con la técnica de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática .....	50
Figura 46. F.S. del talud con la técnica de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática.....	51
Figura 47. Gráfico de dispersión .....	53
Figura 48. Comparación de F.S. con otros investigadores con la técnica combinada de muros de gaviones y banquetetas – bajo condición estática .....	60
Figura 49. Comparación de F.S. con otros investigadores con la técnica combinada de muros de gaviones y banquetetas – bajo condición pseudo estática .....	60

Figura 50. Comparación de F.S. con otro investigador con la técnica combinada de muros de gaviones con mallas metálicas ancladas – bajo condición estática	61
Figura 51. Comparación de F.S. con otro investigador con la técnica combinada de muros de gaviones con mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática .....	62
Figura 52. Comparación de F.S. con otros investigadores con la técnica combinada de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática. ....	63

## Resumen

La presente investigación de tesis tiene por finalidad demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con la propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores. Para determinar los factores de seguridad del talud se ha recopilado información de la geometría del talud mediante una nube de puntos georreferenciada, a la vez se recopiló información de mecánica de suelos del talud. Para lograr los objetivos planteados se ha propuesto la combinación de un sistema integrado de estructuras estabilizadores que ayuden a mejorar las condiciones de inestabilidad y controlar los deslizamientos en el talud, logrando obtener F.S. mayores a 1.50 y 1.25 bajo condición de análisis estático y pseudo-estático respectivamente. El tipo de investigación es aplicada, con un enfoque cuantitativo, diseño no experimental de corte transversal y correlacional a nivel descriptiva de la carretera hidroeléctrica.

Además, se ha determinado los F.S. para cada objetivo específico de sistema de estructuras combinadas, siendo los resultados más óptimos los F.S. de 1.912, 1.922, 1.971 y 1.939 bajo un análisis estático; y 1.798, 1.807 bajo análisis pseudo-estático. Se concluyó que la combinación de las estructuras de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas son los que mejor estabilizan el talud y son más óptimos.

**Palabras clave:** Análisis de estabilidad, estructuras estabilizadores, factor de seguridad.

## **Abstract**

This thesis research aims to demonstrate relationship of slope stability analysis with the proposal of techniques with stabilizer structures. To determine the safety factors of the slope, information on the geometry of the slope has been collected through a georeferenced point cloud, at the same time information on the soil mechanics of the slope was collected. To achieve the stated objectives, the combination of an integrated system of stabilizer structures has been proposed to help improve instability conditions and control landslides on the slope, achieving F.S. greater than 1.50 and 1.25 under static and pseudo-static analysis conditions, respectively. The type of research is applied, with a quantitative approach, non-experimental cross-sectional and correlational design at the descriptive level of the hydroelectric highway.

In addition, the F.S. for each specific objective of the combined structure system, with the most optimal results being the F.S. from 1912, 1922, 1971 and 1939 under static analysis; and 1,798, 1,807 under pseudo-static analysis. It was concluded that the combination of retaining wall structures with buttresses and anchored metal meshes are the ones that best stabilize the slope and are more optimal.

Keywords: Stability analysis, stabilizer structures, security factor.

## I. INTRODUCCION

La inestabilidad es un problema geotécnico común en south gippsland, Victoria, Australia. La red de carreteras rurales construidos y mantenidos por la autoridad local se ven muy afectados por la inestabilidad. Un integrado sistema de estabilización que combina dos métodos de estabilización se han utilizado ampliamente en este distrito. Estos dos métodos son muros de contención reforzados con geomallas revestidos y gaviones con estructuras de contención de pilotes. En este estudio se adopta un enfoque de elementos finitos no lineales tridimensionales. El modelo constitutivo elástico-perfectamente plástico según los rendimientos de Mohr-Coulomb se utiliza para describir el comportamiento del suelo y la canasta de gaviones. Con la ayuda de la técnica de reducción de la resistencia al corte, la eficacia del sistema integrado se demuestra mediante la comparación de los indicadores representativos de la pendiente estabilidad entre varias configuraciones. Una serie de estudios paramétricos relacionados con la relación entre la longitud empotrada de la geomalla y la altura del pendiente, la relación entre la longitud empotrada del pilote y el espesor de la capa de suelo inestable, y la relación entre el espaciado y el diámetro del pilote también se han realizado con el fin de optimizar esta infraestructura integrada optimizada y mejorada y que puede estabilizar la carretera a la vez es económico sin la pérdida del margen de seguridad [1].

En Pasamayo del poblado de Castillo; el tramo de la carretera tiene taludes muy inestables y por eso se presentan deslizamientos de tierra, generando gran preocupación para los usuarios de la carretera que transitan por el lugar de dicha zona, porque el deslizamiento de talud está muy expuesto. La inestabilidad de las secciones transversales de la vía de Pasamayo requiere la implementación de muros, intentando encontrar evaluar el diseño técnico y económico de dichos muros de contención para el tramo de la carretera en estudio [2].

En la carretera de la central hidroeléctrica ubicado en San Gabán; se presentan deslizamientos de masas de tierra y piedras que se desprenden de los taludes de la margen derecha en algunos tramos de la vía, dicha carretera fue construida en

el año 2019 y que es utilizada para transitar por ella con fines de realizar los mantenimientos de las captaciones de agua, cámaras de carga, líneas de aducción y conducción de agua y tuberías, etc. Así también dicha carretera es utilizada por los habitantes de los sectores de valle Tupuri que se trasladan a sus centros de trabajo que viene a ser la agricultura y las construcciones que se vienen desarrollando dentro del área de influencia de San Gabán. La inestabilidad de los taludes que se están presentando en varios tramos críticos de la carretera hidroeléctrica vienen causando derrumbes y por lo tanto se tiene que cerrar el tránsito en la vía como medidas de seguridad hasta que se realice la limpieza de las masas de tierra y piedras en dichos tramos, los deslizamientos de materiales ocurren con mayor frecuencia en épocas donde se presentan precipitaciones pluviales, es así que en la presente investigación se busca analizar los taludes y plantear una propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores que permita mejorar las condiciones de inestabilidad y controlar los deslizamientos.

En la presente investigación el autor plantea como problema general: ¿de qué manera el análisis de estabilidad de talud se relaciona con la propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021?, así también se planteó 3 problemas específicos: i) ¿de qué manera el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y banquetas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021?, ii) ¿de qué manera el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021? y iii) ¿de qué manera el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021?.

La justificación teórica tiene como propósito verificar el tramo donde se presentan los taludes inestables para proponer métodos o técnicas de estabilización que ayuden a reducir riesgos de derrumbes o deslizamiento de masas de tierra y piedras que podrían causar pérdidas económicas y de vidas humanas; así también se tiene como justificación práctica: se busca analizar la estabilidad de talud de la carretera hidroeléctrica San Gabán con la finalidad de identificar los taludes

inestables mediante el análisis de datos de la geometría del talud, características de la mecánica de suelos y para luego analizar mediante el software slide v.6 y luego plantear propuestas técnicas para mejorar las condiciones de inestabilidad.

Como justificación social permitirá el transporte seguro y sin interrupción para la población aledaña y de los trabajadores de la hidroeléctrica que realizan construcciones, operación y mantenimiento de las captaciones, cámaras de carga, canales de aducción y reservorios. Y como justificación metodológica se busca investigar y analizar las técnicas estabilizadores más eficientes, óptimos y económicos y que estén validados técnicamente a la vez estadísticamente.

Como objetivo general: se plantea demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con la propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021; y se tiene 3 objetivos específicos: i) demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021, ii) demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021, y iii) demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021.

El autor se plantea como hipótesis general: El análisis de estabilidad de talud se relaciona con la propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021; y se plantea 3 hipótesis específicas: i) el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y banquetas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021, ii) el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021, y iii) el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales, Camavilca (2019), tuvo como objetivo realizar la prueba de seguridad a la estabilidad de la pendiente de talud para poder establecer la iniciativa de proponer la estabilización en el kilómetro 93 de la vía vehicular de San Mateo – Huarochirí Lima 2019. Fue un estudio de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación planteada por dicho autor fue no experimental, de corte transversal y nivel de investigación es descriptivo. Se tuvo como población de estudio la carretera central en el km 93+000 – 93+095 en San Mateo provincia de Huarochirí, región Lima, la muestra es el tramo 93+000 – 93+095. La herramienta utilizada fue la recolección de la información mediante observación, donde los procedimientos que se utilizaron con fines de obtener los datos necesarios con los instrumentos de medición. Los resultados al plantear una muralla de gavión el F.S. incrementó a 1.428 esto a comparación del valor 0.813 calculado con el método de Morgenstern y Price, a la vez planteo la incorporación de un muro en voladizo (Morgenstern – Price) donde el elemento de seguridad calculado es igual a  $1.58 > 1.50$  que indica permanencia de talud aprobado [3].

Camacho (2021), tuvo como objetivo principal de determinar el factor de seguridad con fines de comparar tecnologías de estabilización de taludes con el uso de software GEO5 caso: parque el Milagro, Huaraz – Ancash. El tipo de investigación planteada por la autora fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, el diseño fue no experimental y nivel de investigación es descriptivo. La población de investigación fue el talud ubicado en el parque el Milagro provincia de Huaraz – Ancash, se observó su condición actual, la muestra se estudió el tramo desde 0+000m hasta 1+037.61m con altura de 20m del parque el Milagro. Las herramientas empleadas fueron las fichas técnicas para recolectar datos. Los principales resultados fueron que el factor de seguridad incorporando muro de gravedad (gaviones) obtuvo los valores de: 1.04, 1.05 y 1.05 en condiciones de análisis estática y los valores bajo condición pseudo-estática fue de: 0.75 y 0.76; a la vez la investigadora planteo un sistema combinado de muro de contención y anclajes en donde obtuvo los valores de: 2.22, 2.22 y 2.22 con los métodos de Spencer, Morgenstern y Janbu con análisis bajo condición estática. En conclusión,

según la investigadora el muro de contención y anclaje de geo sintéticos es una solución técnicamente admisible para la estabilidad del talud en estudio, y que está ubicado en el parque el Milagro – Huaraz [4].

Mendo (2018), tuvo como objetivo principal determinar cómo influye el uso de un sistema con soil nailing en el análisis de estabilidad de talud en el comercial megacentro en Jicamarca - Lima. El tipo de investigación planteada por el autor fue de tipo aplicada por qué hará uso de métodos de cálculo de estabilidad, el enfoque cuantitativo, el diseño es no experimental de corte transversal y el nivel es explicativo, la población fue la pendiente ubicada en el comercial megacentro, la muestra fue un talud de 25m de longitud con una altura variable. Los principales resultados fueron que el análisis de talud incluyendo los anclajes tuvieron los siguientes resultados: anclajes para un espaciamiento de 1.0m x 1.0m, para caso estático: 2.030, 2.020 y 1.672 para caso pseudo estático: 1.555; para espaciamiento de anclaje de 1.50m x 1.50m, para caso estático 2.235, 1.917 y 1.661 y para caso pseudo estático: 1.541; finalmente para espaciamiento de anclaje de 2.0m x 2.0m, para caso estático 2.434, 2.112 y 1.665, y para caso pseudo estático: 1.565, dichos valores fueron calculados con los métodos de Fellenius, Bishop simplificado y Jambu simplificado. Se concluyó que el uso del sistema de anclajes es un método fácil de emplear y requiere menor tiempo de construcción y los F.S. son mayores a los que establece la norma como límites mínimos a la vez menciona que la separación de anclajes de 1.0m x 1.0m y la de 1.50m x 1.50m son óptimos técnicamente y genera menor costo con el uso de acero y menores tiempos de construcción [5].

Seguidamente se tiene antecedentes internacionales, Hernández y Tamayo (2019), evaluar el equilibrio de la estabilidad en las pendientes del talud tomando en cuenta las fuerzas que trabajan sobre ellos y las futuras condiciones a las que estarán sometidas. La población de estudio estuvo conformada en el municipio de Dabeiba, Antioquia en progresiva 0+020.078. Los instrumentos empleados fueron las recopilaciones por informaciones. Los principales resultados fueron en condiciones estáticas 2.823, 1.234 y 1.038 para el análisis de estabilidad de la vía de orden secundario en el municipio de Dabeiba, se tuvo en cuenta secciones más críticas.

Cabe anotar que adicionalmente en este proyecto se presentan obras adicionales como muros de contención. Se concluyó que después de realizar el modelo en el software slide se obtuvo la ubicación de las posibles superficies de falla de los taludes y su factor de seguridad, con base en estas fallas se halló el grado de estabilidad de dicho talud y se definieron las obras más confiables para mitigar riesgos en el sector teniendo en cuenta la serie de datos estudiados [6].

Gurruchaga y Viscarra (2020), en su artículo de investigación “análisis de estabilidad de taludes por medio de empleo de elementos finitos: fue un caso de estudio en la Paz – Bolivia”, tuvieron como objetivo la realización de análisis de seguridad de pendientes en talud por medio de elementos finitos, con el fin de determinar las áreas que necesitan remediación. También se incluye la evaluación de alternativas de estabilidad, estas alternativas van desde simples técnicas de remediación (remoción de material inestable, socavamiento de taludes, reducción de inclinación, contrapeso de puntera) hasta complejas obras de estabilización como cortinas de pilotes. Los resultados revelan que una técnica de destalonamiento de cabecera puede traer condiciones estables, siendo una respuesta satisfactoria y factible con trabajos de baja complejidad. Los autores aplicaron el procedimiento de elementos finitos para el estudio de seguridad en taludes de Villa – Exaltación. Por eso, han realizado un proceso de calibración con base a razones de reducción de parámetros. Los límites adoptados al principio disminuyeron hasta alcanzar una falla ( $FOS = 1$ ), por medio de algunas iteraciones. Los factores de seguridad se calcularon mediante modelado de condiciones reales después de la calibración, los valores críticos de FOS fueron 1.03, 0.88 y 0.82 dentro de los tres perfiles estudiados. Por lo tanto, las obras de mitigación son precisamente necesarias ya que el sector está catalogado como zona de alto riesgo geográfico. Se analizaron diferentes alternativas de estabilización, tales como talud de cabecera, remoción de materiales inestables, contrapeso en la punta y cortina de pilotes tangentes. Para verificar los resultados de plaxis, se ha utilizado el cálculo con equilibrio límite y los valores de FOS estaban por encima de 1.2, valor mínimo requerido de las pautas como CTE. Se llegó a la conclusión de que es posible que no se necesiten trabajos de estabilización de gran complejidad, ya que el talud

socavado es la solución de estabilidad más eficiente en comparación con otras alternativas de estabilización [7].

Wang, Smith y Nazem (2021), En su artículo de investigación denominado “optimización de un sistema de estabilización de taludes que combina muro de contención reforzado con geomalla, con pilotes empotrados”. Tuvieron como objetivo identificar las zonas inestables de un tramo de la carretera rural en south gippsland, Victoria – Australia. Las fallas de taludes inducidas por las fuertes lluvias requieren un mantenimiento repetido que tiene un costo continuo para la autoridad del gobierno. Las pendientes de las carreteras se estabilizan mediante la construcción de muros de contención reforzados con mallas de polímero o geomallas con revestimiento de pared de canasta de gaviones. Se ha investigado en detalle el uso por separado de estos dos métodos de estabilización. En particular, los muros de contención reforzados con geomallas (GR-RW) se han utilizado ampliamente desde su introducción, los beneficios de utilizar GR-RW para la estabilización de carreteras incluyen la conveniencia de la construcción, la rentabilidad, el rendimiento sísmico, la capacidad de tolerar grandes asentamientos diferenciales y el atractivo estético de los gaviones rellenos de piedra (Xu, *et al.*, 2020). Los resultados a la que llegan en la investigación es el FoS de la configuración de pendiente de corte de camino no reforzado es 1.04. Luego, cuando el corte de la carretera se estabiliza con el GF-GR-RW (L/H=1.1), el FoS aumenta rápidamente a 1.54. El porcentaje de incremento es el FoS se estima en 48.1%. Luego para la configuración de la tercera pendiente, el terraplén de la carretera se estabiliza mediante el sistema integrado (LE/HU=1; S/D=3.5), el FoS aumenta a 1,77. En comparación con la segunda configuración de talud, la contribución de la estructura de contención del pilote a la estabilidad del talud se estima en 15.0%. Además, la contribución del sistema integrado al FoS del talud se estima en 70.2% en comparación con la configuración del talud reforzado. Por tanto, se puede demostrar el efecto del sistema integrado en la mejora de la estabilidad de la pendiente. En conclusión, con el fin de abordar el problema de la inestabilidad de la pendiente y también para reducir el costo continuo del mantenimiento repetido de los caminos rurales, se ha utilizado un sistema integrado de estabilización de taludes y prevención a largo plazo. Se ha demostrado claramente la eficacia del

sistema integrado de estabilización de taludes para mejorar la estabilidad de taludes [8].

La teoría de análisis de estabilidad en los taludes es un procedimiento de cálculo en donde se evalúa o se cuantifica la interacción entre las fuerzas resistentes o estabilizantes versus las fuerzas movilizantes o desestabilizantes que actúan sobre la ladera inclinada [9].

**Tabla 1.** *Coeficientes de seguridad para análisis de estabilidad de taludes.*

NORMATIVA	TALUD TEMPORAL		TALUD PERMANENTE	
	ESTÁTICA	SÍSMICA	ESTÁTICA	SÍSMICA
AASHTO LRFD	1,33-1,53	1,1	1,33-1,53	1,1
NAVFAC-DM7	1,3-1,25	1,2-1,15	1,5	1,2-1,15
FHWA-NHI-11-032	-	1,1	-	1,1
CE.020	-	-	1,5	1,25

Fuente: Valiente, et al (2015).

La cohesión del suelo es un parámetro de resistencia del suelo en donde se puede medir el grado de la adherencia entre sí de las partículas de material suelo. La cohesión del suelo en mecánica de suelos, se utiliza principalmente para medir la resistencia de suelos a la cortante causada por la adherencia entre partículas del suelo mientras que, en la física, este término es utilizada para poder representar a la resistencia de la tensión. En los suelos eminentemente granulares en los cuales no se puede apreciar las características cementantes o materiales que pueda ser capaz de producir adherencia entre las partículas del suelo, se podría decir que la cohesión del suelo es igual a cero, entonces cabe decir que dichos suelos son suelos friccionantes o “suelos no cohesivos” ( $c=0$ ). En suelos que se encuentran en condiciones no saturadas, la tensión debida a la succión del agua en los poros crea un fenómeno de adhesión entre partículas por presión negativa o fuerzas capilares. Esta cohesión “aparente” desaparece con la saturación [10].

El ángulo de rozamiento en suelo o fricción interna, es un valor numérico en donde es un concepto fundamental de la física coeficiente de rozamiento =  $\tan \phi$ , el

ángulo de rozamiento en suelo granular seco coincide con el ángulo de puesta a cero. Todos los suelos tienen fricción. Sin embargo, la arcilla posee fricción muy baja o insignificante, se llama cohesiva:  $\phi=0$  [11].

Los ingenieros suelen utilizar el factor de seguridad (F.S.), para determinar y saber el factor de riesgo de falla de un talud en las condiciones críticas y para el cual se diseña. Según Fellenius en (1911) propuso el factor de seguridad como la relación o razón entre la resistencia al corte real o disponible del suelo determinada a partir del material en la pendiente transversal y los esfuerzos de tensiones de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una hipotética superficie potencial capaz de generar una falla [12].:

$$F.S. = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

*Figura 1. Factor de seguridad*

Fuente: Deslizamientos. Tomo I: Análisis geotécnico, Suárez, J., 2009, p.130

Para el análisis de estabilidad de talud bajo condiciones pseudo-estáticas y/o bajo la acción sísmica, indican que los efectos de los sismos en una superficie inclinada (talud) pueden realizarse bajo un modelamiento empleando las aceleraciones horizontales y constantes. Según Terzaghi, en 1950, fue el primer investigador en aplicar un modelo pseudo-estático bajo acción sísmica para realizar un estudio de estabilidad de una superficie inclinada durante una acción de un evento sísmico. En este tipo de modelo, se puede representar el impacto de un sismo por aceleraciones horizontales pseudo-estáticas, las cuales pueden producir las fuerzas de inercia ubicadas en el centroide de la gravedad de cada segmento de dovela. Según la última publicación de la norma técnica peruana la E.030. de la sección de diseño sismo resistente del Perú se divide en cuatro zonas sísmicas. A continuación, se muestra la tabla del factor asignado a cada zona sísmica del Perú o también (PGA, peak ground acceleration) para un período de retorno  $T=500$  años [13].

**Tabla 2.** Factor de zona del Perú.

Zona	4	3	2	1
PGA	0.45	0.35	0.25	0.10

Fuente: RNE E.030.



**Figura 2.** Zonificación sísmica

Fuente: RNE E.030

**Tabla 3.** Clasificación de suelos de acuerdo a la amplificación sísmica.

	S0: Roca Dura	S1: Roca o suelos muy rígidos	S2: Suelos Intermedios	S3: Suelos Blandos
Zona 4	0.80	1.00	1.05	1.10
Zona 3	0.80	1.00	1.15	1.20
Zona 2	0.80	1.00	1.20	1.40
Zona 1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: RNE E.030.

**Tabla 4.** Clasif. de suelos de acuerdo al periodo fundamental de vibración sísmica

	S0: Roca Dura	S1: Roca o suelos muy rígidos	S2: Suelos Intermedios	S3: Suelos Blandos
$T_p$ (s)	0.30	0.40	0.60	1.00

Fuente: RNE E.030.

Bajo condiciones sísmicas o pseudo estáticas utilizaremos la fórmula de aceleración máxima en sentido horizontal de diseño ( $A_{max-d}$ ) se determina con la fórmula que se muestra:

$$A_{max-d} = PGA \times S$$

*Figura 3. Aceleración máxima horizontal*

Fuente: Valiente, et al (2015)

Para el caso de poder considerar métodos pseudo-estáticos para que se pueda diseñar taludes, la AASHTO y la FHWA sugirieron de poder reducir el anterior valor a la mitad [14].

Según el estudio del peligro sísmico se pueden mostrar las aceleraciones para distintos periodos de retorno y estructurales, así como los valores de espectros, a continuación, se muestran los valores de la aceleración máxima PGA (gals), según el periodo de retorno para cada capital de departamento del Perú [15].

**Tabla 5. Valores de máximas aceleraciones (PGA) para capital de departamentos**

Ciudad	Coordenadas Geograficas		Aceleraciones Maximas PGA (gals) por periodo de retorno en años Tr			
	Latitud	Longitud	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 475	Tr = 975
Tumbes	-3.56	-80.45	181.72	228.43	409.05	494.84
Piura	-5.2	-80.63	181.32	228.89	412.19	499.87
Chiclayo	-6.77	-79.84	166.02	201.69	366.46	437.97
Trujillo	-8.11	-79.03	181.79	230.20	413.56	498.62
Huaraz	-9.53	-77.53	102.48	158.22	253.80	312.68
Lima	-12.05	-77.05	188.66	246.28	444.23	541.15
Ica	-14.07	-75.73	206.92	279.28	473.32	569.62
Arequipa	-16.4	-71.54	175.97	218.77	382.99	452.52
Moquegua	-16.93	-70.98	188.69	238.96	426.17	499.97
Tacna	-17.99	-70.24	198.93	260.60	445.10	543.08
Cajamarca	-7.17	-78.52	88.29	120.23	214.97	265.05
Chachapoyas	-6.21	-77.85	101.34	155.27	249.55	314.96
Moyobamba	-6.05	-76.97	160.98	192.42	321.88	399.27
Huanuco	-9.93	-76.24	94.63	135.73	228.31	283.42
C. Pasco	-10.43	-75.15	97.65	145.38	242.28	305.37
Huancayo	-12.07	-75.23	100.84	153.50	244.94	306.88
Huancavelica	-12.76	-74.98	108.30	164.01	255.14	318.98
Ayacucho	-13.16	-74.22	99.17	149.89	235.34	292.69
Abancay	-13.63	-72.88	92.59	129.96	222.82	271.12
Puno	-15.83	-70.03	109.45	164.54	250.60	309.96
Cusco	-13.52	-71.98	84.89	111.43	196.00	238.01
P. Maldonado	-12.61	-69.18	33.11	41.72	75.39	91.40
Pucallpa	-8.38	-74.54	136.61	180.17	285.73	360.72
Iquitos	-3.75	-73.25	25.37	34.18	57.95	74.68

Fuente: Instituto geofísico del Perú.

Los mapas de peligro sísmico o también llamadas isoaceleraciones son las máximas horizontales del suelo o PGA. Dichos valores fueron realizados para periodos de 50 y 100 años con una probabilidad de excedencia del 10%; las curvas de las isoaceleraciones máximas son paralelas a la vertiente de la costa en dirección de la subducción de la placa de Nazca, siendo los valores de aceleración mayores próximos a la costa, esto debido a la mayor ocurrencia de sismos, los valores de la aceleración a lo largo de la cordillera de la andes son menores, al igual que la frecuencia de sismos [16].

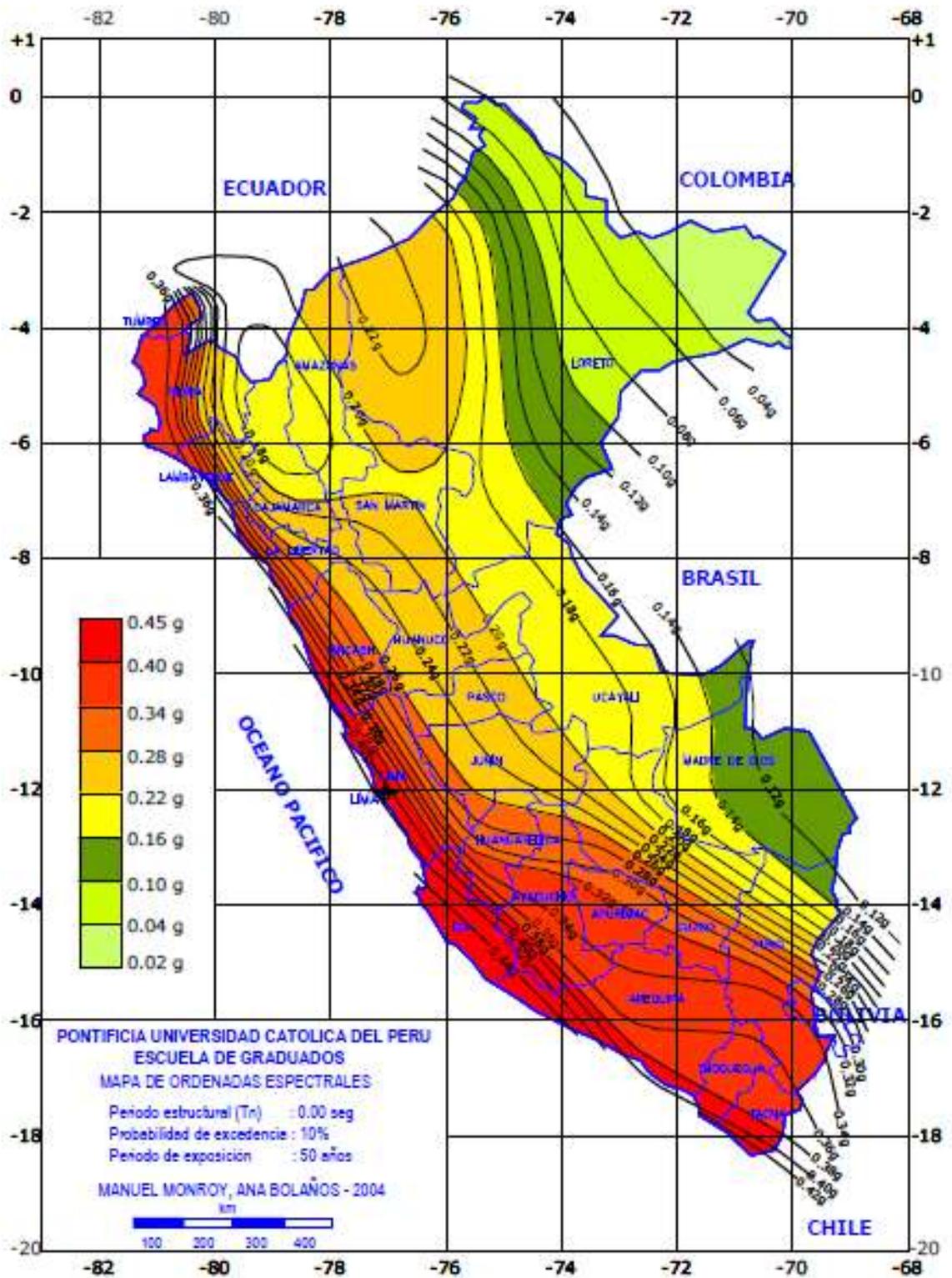


Figura 4. Mapa de peligro sísmico para periodo de retorno de 50 años

Fuente: Bolaños y Monroy (2004)

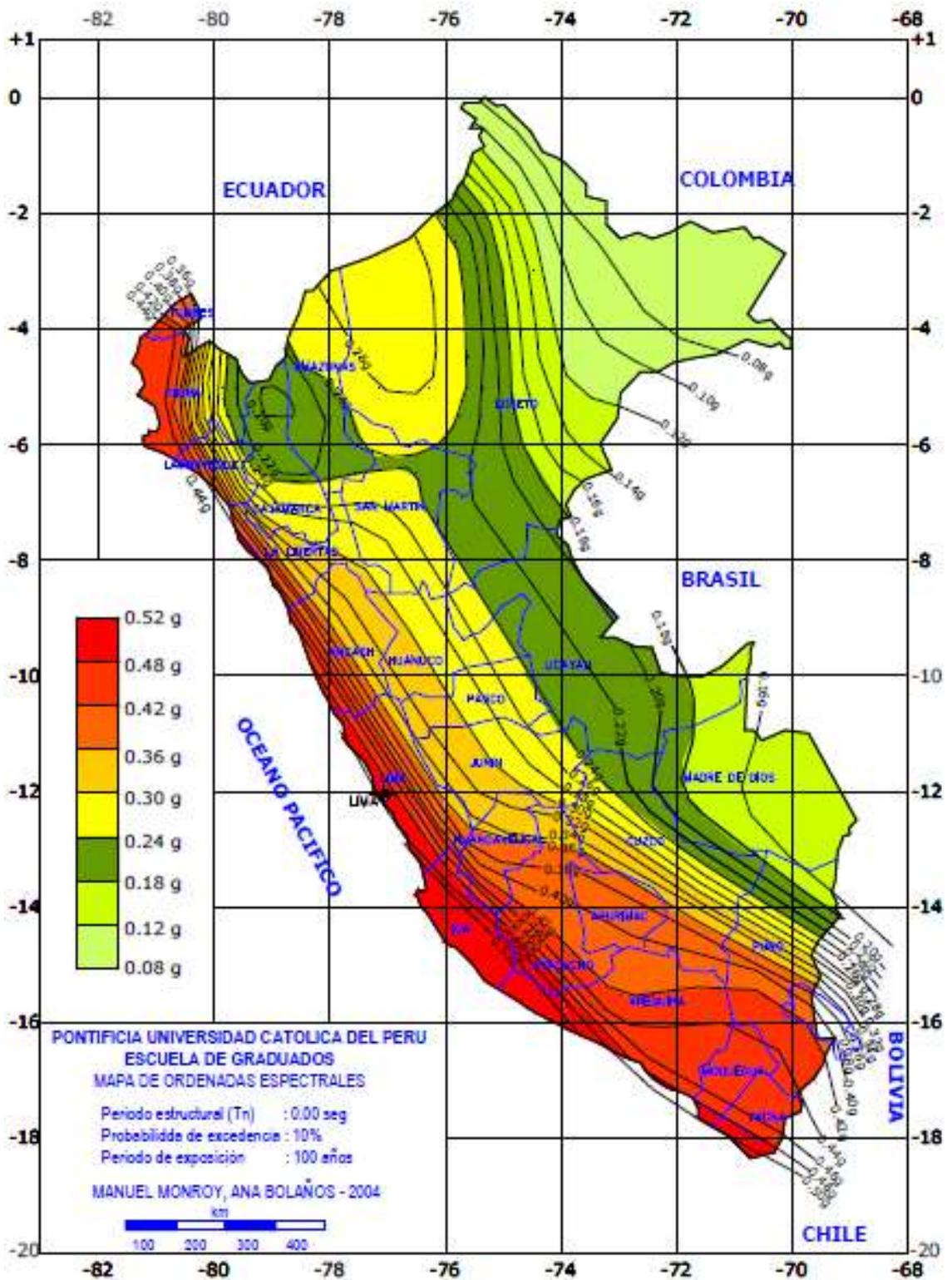
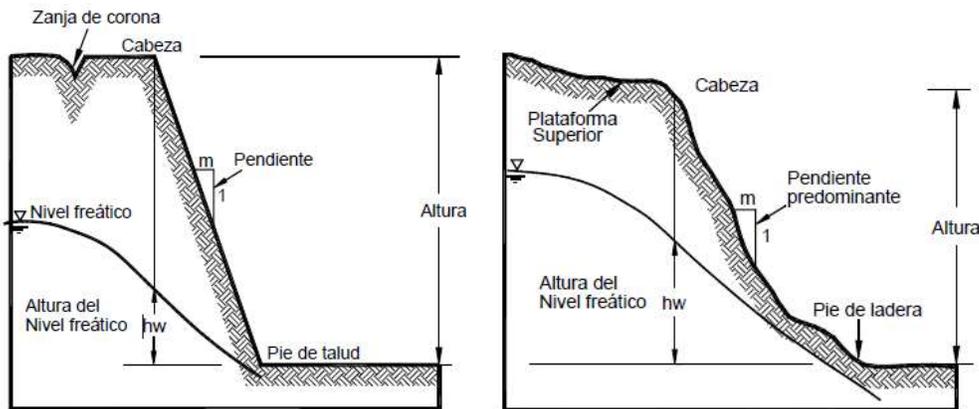


Figura 5. Mapa de peligro sísmico para periodo de retorno de 100 años

Fuente: Bolaños y Monroy (2004)

Talud está representada por una masa de tierra o roca que no son planas, sino que esta tiene una inclinación respecto a la horizontal tienen cambios significativos de altura a la cual se le puede denominar laderas, la conformación de esta ha podido ser mediante un proceso artificial o natural, las cuales pueden fallar por cambios de topografía, factores de movimiento de sismo, flujos de la presión de poros o de aguas subterráneas, los cambios de la resistencia del suelo o a procesos geodinámicas externos que afecten el estado natural de la estabilidad [17].



*Figura 6.* Talud artificial (corte o relleno) y ladera natural

Fuente: Deslizamiento análisis geotécnico, Suarez J., p. 13

Las principales partes de una pendiente o talud está conformada por una parte alta, superior convexa con una cabeza, cresta o cima es donde se da inicio a la erosión; así también tiene una parte intermedia cuasi recta y una parte baja o inferior cóncava con una base o pie de talud, lugar en donde ocurren los procesos donde se depositan las masas de tierra o piedras deslizadas desde la parte superior [18].

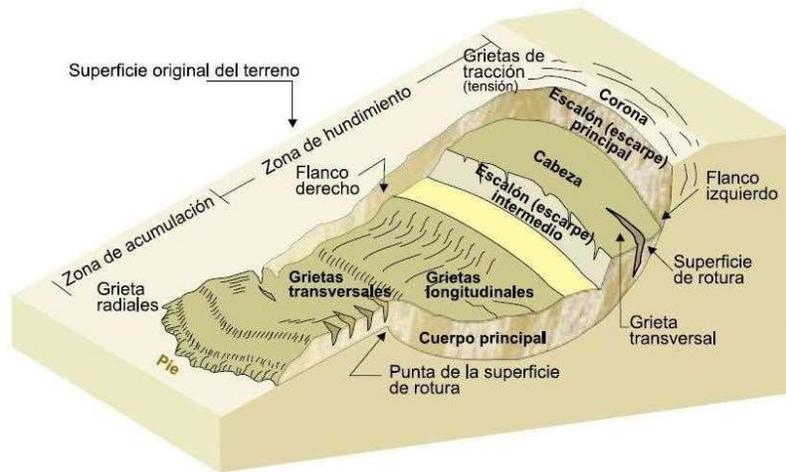


Figura 7. Partes que conforma un talud de deslizamiento

Fuente: <https://docplayer.es/docs-images/64/51318926/images/26-1.jpg>

Según el método de Spencer; que fue planteado en 1967, en esta metodología de cálculo se tiene las características más completas porque cumplen las consideraciones de equilibrio de momentos así también el equilibrio de esfuerzos, Spencer ha planteado que las fuerzas que se generan entre sí por parte de las dovelas y son paralelas unas con otras y en donde la inclinación es el mismo [19].

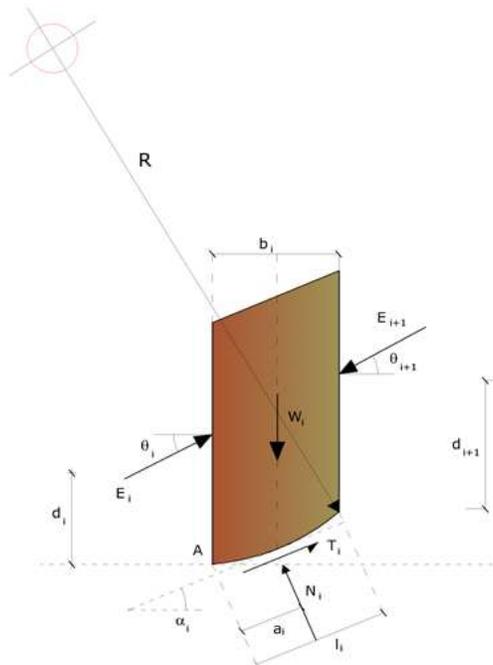


Figura 8. Representación de dovela según Spencer

Fuente: Estabilidad de taludes, Filippo Catanzariti, GeoStru

Donde:

R : Radio del arco circular.

$\theta$  : ángulo de inclinación de la fuerza  $Q_i$  respecto a la horizontal.

$$Q = \frac{-F \operatorname{sen} \alpha - F h \operatorname{cosec} \alpha - (c' \Delta l / F) + (F \operatorname{cosec} \alpha - F h \operatorname{sen} \alpha + u \Delta l)(\tan \phi' / F)}{\cos(\alpha - \theta) + \left[ \frac{\sin(\alpha - \theta) \tan \phi'}{F} \right]}$$

Figura 9. Factor de seguridad según Spencer

Fuente: Estabilidad de taludes, Filippo Catanzariti, GeoStru

Donde:

$\Delta l$  : Longitud de arco de la base de la dovela.

W : Peso de cada dovela.

$c'$ ,  $\phi'$  : Parámetro físico de cohesión y ángulo de fricción interna del suelo.

En el método de cálculo con las fórmulas de GLE o Morgenstern y Price; fue planteado en 1965, la fórmula de GLE con siglas en ingles “General Limit Equilibrium método of slices”. En donde se consideran todas las fuerzas y momentos para satisfacer la necesidad de equilibrio y la superficie de falla puede tener la forma compuesta, circular o no circular. En esta metodología de cálculo la masa se subdivide en infinitas tajadas en donde se puede obtener el equilibrio mediante el desplazamiento horizontal, la translación vertical y de falla en base de las tajadas y/o dovelas [20].

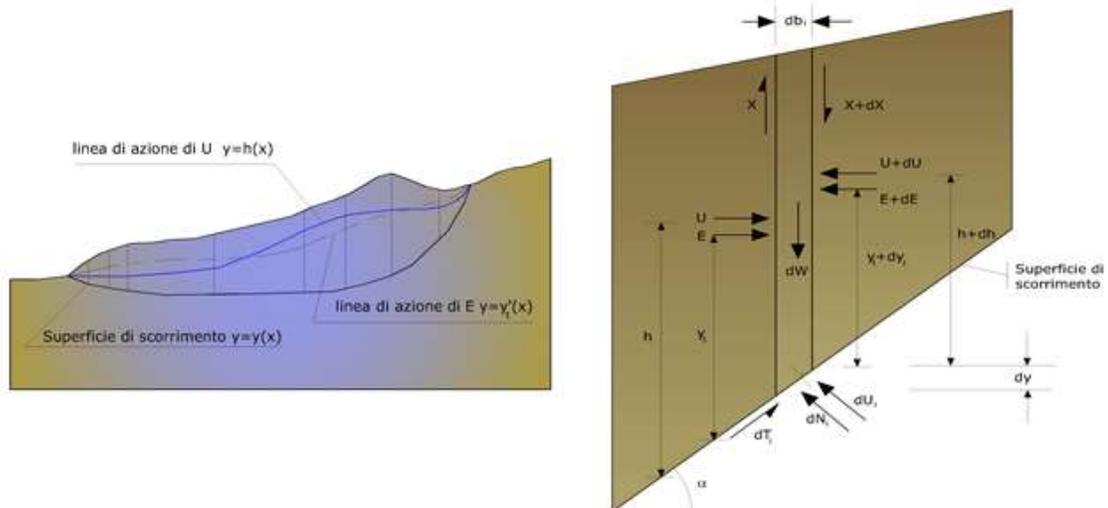


Figura 10. Representación de dovela según Morgenstern y Price

Fuente: Estabilidad de taludes, Filippo Catanzariti, GeoStru

$$c' \left( \frac{\alpha}{F_s} \right) + \tan \phi' \left[ \left( \frac{dW}{dx} \right) - \left( \frac{dX}{dx} \right) - \tan \alpha \left( \frac{dE}{dx} \right) - \sec \alpha \left( \frac{dU}{dx} \right) \right]$$

$$= \left( \frac{dE}{dx} \right) - \tan \alpha \left[ \left( \frac{dX}{dx} \right) - \left( \frac{dW}{dx} \right) \right]$$

*Figura 11.* Factor de seguridad según Morgenstern y Price  
Fuente: Estabilidad de taludes, Filippo Catanzariti, GeoStru

Donde:

$\Delta l$  : Longitud de arco de la base de la dovela.

$E, X$  : Fuerzas de conexión.

$dW$  : Peso de la franja infinitésima.

$dU$  : Presiones neutras en la base.

$C', \phi'$  : Parámetros físicos de cohesión y ángulo de fricción interna del suelo.

$\alpha$  : ángulo de radio y la vertical de cada dovela.

$F_s$  : Coeficiente de seguridad.

$$X = \frac{d(Ey)}{dx} - y \left( \frac{dE}{dx} \right)$$

*Figura 12.* Ecuación de momentos según Morgenstern y Price  
Fuente: Martínez Aracely (2018)

Donde:

$E, X$  : Fuerzas de conexión.

$Ey$  : Línea de acción.

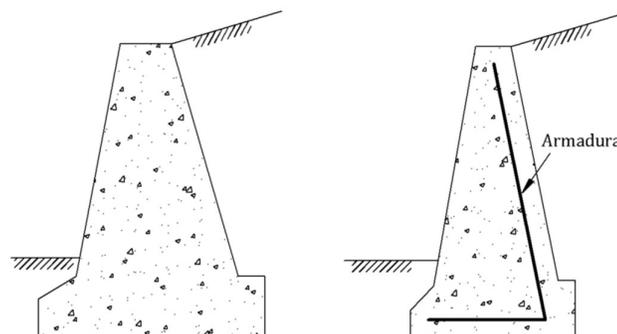
A continuación, se muestra la tabla en donde los métodos emplean o tienen en consideración las condiciones de equilibrios verticales, horizontales; equilibrio de fuerzas y equilibrio de momentos.

**Tabla 6.** Ecuaciones de equilibrio satisfechas por cada método.

Método de Equilibrio Limite	Equilibrio Vertical de Fuerzas	Equilibrio Horizontal de Fuerzas	Equilibrio de Fuerzas	Equilibrio de Momentos
Bishop ( 1955)	SI	NO	NO	SI
Jambú (1968)	SI	SI	SI	*
Spencer (1967)	SI	SI	SI	SI
Fellenius (1927)	SI	NO	NO	SI
GLE (1965)	SI	SI	SI	SI

Fuente: Martínez Aracely (2018).

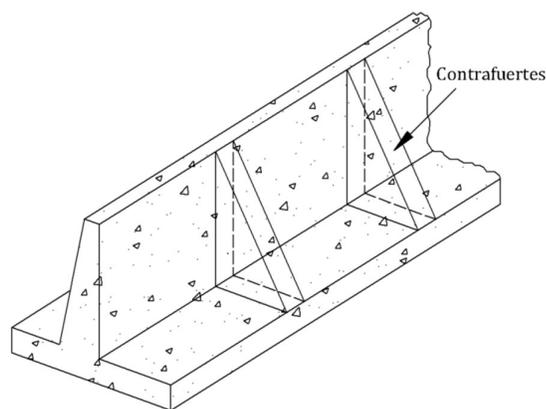
La principal función de las estructuras de retención, más concretamente de los muros de contención, es la de facilitar un soporte lateral de manera permanente al suelo, que según el tipo de la construcción puede tratarse de terreno natural o de rellenos artificiales. Los muros de contención por gravedad, son muros construidos de concreto o mampostería, donde la resistencia se obtiene por su propio peso. Este tipo de construcción no es económico para muros de altura considerable, pero puede ser interesante para muros de altura media siempre y cuando su longitud no sea demasiado grande. Los muros de gravedad no son económicos porque no se utiliza refuerzo, por lo que a menudo se utilizan volúmenes en cantidad de concreto. Se recomiendan cuando el ancho de la base es de 1/2 a 1/3 de la altura total del muro. un muro de semigravedad es un muro de gravedad donde la armadura se combina para reducir la sección transversal del muro [21].



**Figura 13.** Muros de contención (a) tipo gravedad (b) tipo semi-gravedad

Fuente: Salinas et al, mecánica de suelos. Cap. 6

Los muros de contención con contrafuertes, generalmente este tipo de muro son una solución innovadora para muros tipo ménsula, cuyo diseño nace debido a aligerar las partes en aquellos muros de gran tamaño por lo que sería necesario un espesor considerable. La forma de este muro, es similar al muro ménsula salvo que a cierto intervalo de la longitud del muro se debe plantar losas verticales esbeltas de concreto, estos son conocidos como contrafuertes, que se unen la cara posterior del muro con la base. Estas losas son los que rigidizarán la tensión y que podrán disminuir tanto los esfuerzos de flexión como los esfuerzos cortantes. Se recomiendan muros de contención con contrafuertes desde 12m de altura o cuando el relleno esta sobrecargado [22].

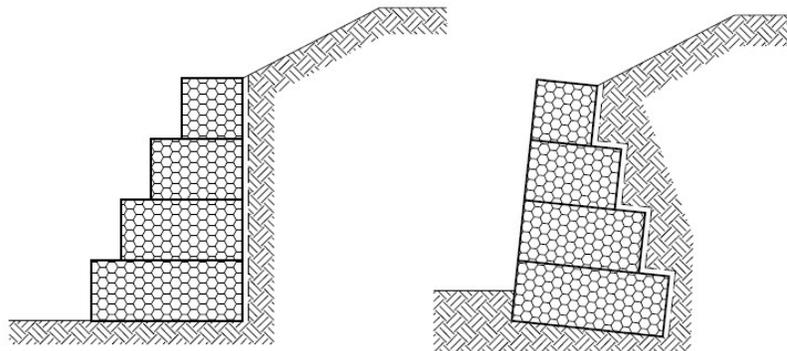


*Figura 14.* Muro de contención con contrafuertes

Fuente: Salinas et al, mecánica de suelos. Cap. 6

Las estructuras de contención de tipo gaviones son un sistema de elementos metálicos que son confeccionados como una red de mallas de tipo hexagonal torcionado doblemente y que posteriormente son llenadas con piedras, este tipo de método de contención son muy ventajosos en cuanto a lo económico y la parte técnica porque son muy funcionales y todas sus unidades están unidas firmemente unidas entre sí y que están cocidas con alambres de similares características a los elementos de la red de mallas de modo que se forma una estructura monolítica. La malla metálica del gavión posee las características de: mayor resistencia mecánica, alta resistencia a la corrosión, alta flexibilidad y es difícil de desmallar y/o destejer. La estructura de tipo gavión al final forma un bloque homogéneo con características

de resistencia en todo el sistema del bloque, son durables porque los alambres están reforzados y revestidos con aleaciones de zinc, aluminio y tierras raras (galvan) logrando una vida útil de 50 años, son altamente resistentes a la tracción y corte, la malla metálica distribuye los esfuerzos de tracción a todo el elemento estructural, son flexibles porque se adaptan a la forma de la pendiente a las deformaciones y movimientos del suelo sin que esta pierda la estabilidad y eficiencia y que no requiere fundaciones o cimentaciones profundas aun cuando están apoyados en suelos cohesivos o de baja resistencia de soporte, son permeables porque su sistema de drenaje es eficiente por las características intrínsecas de los materiales que lo conforman son altamente permeables y eso hace que la estructura sea autodrenante de esta manera aligera el empuje de la presión de poros, en la actualidad las obras de ingeniería deben ocasionar impactos ambientales menores no alterando el medio ambiente. Los gaviones no alteran la línea de flujo del agua, el impacto para la flora y fauna es mínimo y hace que el ecosistema alterado en la etapa de construcción se rehabilite en gran parte [23].



*Figura 15. Muro de gaviones*

Fuente: Manual técnico de obras de contención maccaferri

Los gaviones tienen una forma paralelepípedo y que son fácil de realizar el montaje en obra y posteriormente son rellenos con material pétreo, el diámetro de las piedras no debe ser menor que el diámetro de la malla hexagonal, y el método de las estructuras metálicas propuestas por maccaferri para contener desprendimientos de masas de tierra y piedras son los gaviones de tipo cajón con

la finalidad de poder absorber y soportar las energías de impacto de los materiales desprendidas [24].

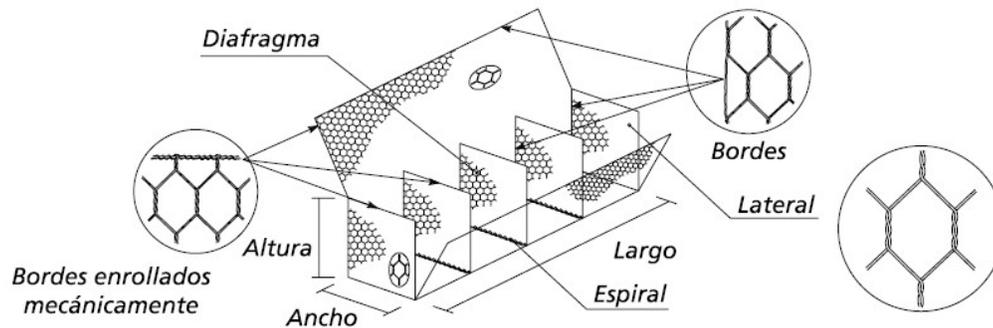
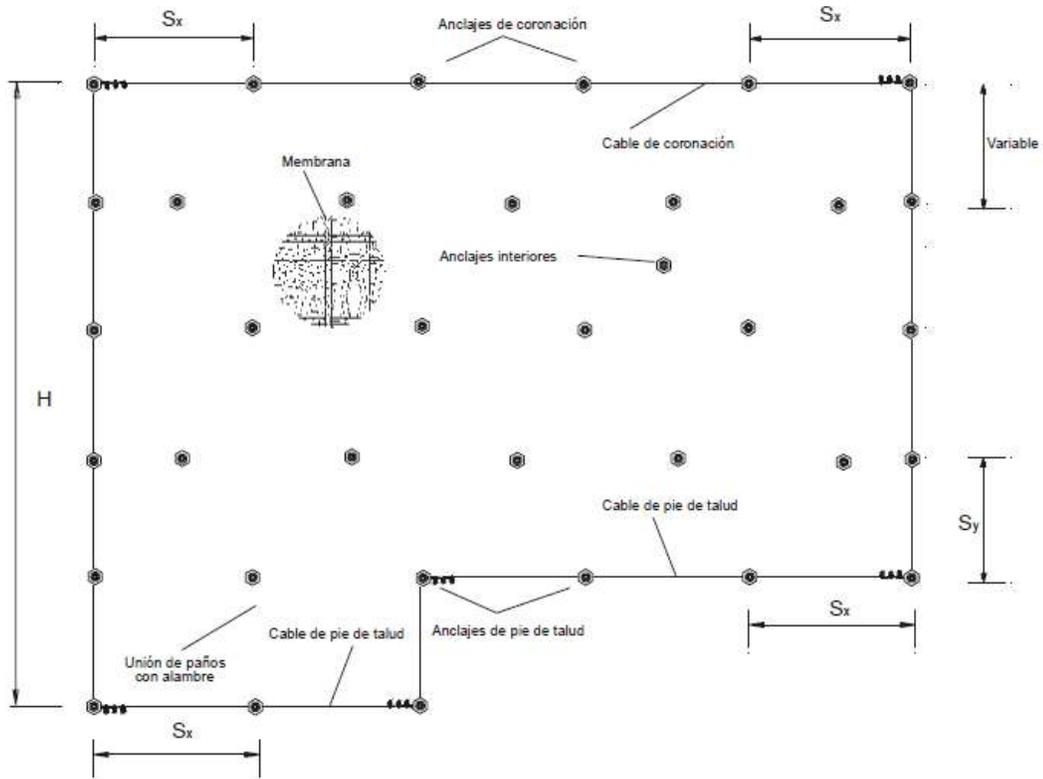


Figura 16. Elementos de gavión tipo cajón

Fuente: Manual técnico de obras de contención Maccaferri

Sistemas flexibles para estabilizar superficies de materiales sueltos; las mallas metálicas como un elemento de soporte para la estabilización de la superficie del terreno, así también las mallas son utilizadas para evitar las erosiones y lograr la estabilización superficial, global en función de la profundidad de anclaje en las pendientes del talud, es así que el sistema BBM es un sistema adosado de mallas con algunos elementos de montaje a la superficie del terreno, a esto se complementa con un elemento de interposición suelo y la membrana de soporte de carga, tiene como objetivo prevenir la erosión superficial de un material suelto. Como elemento novedoso de este sistema se emplean anclajes mecánicos, la membrana de soporte es una malla de tipo hexagonal de alambre galvanizado de triple torsión, que preferencia que sea de 80x100/17 (alambre con acero dulce  $\varnothing = 3$  mm), que será adosada directamente a la superficie del terreno de talud mediante anclajes y que serán colocadas a tresbolillo con una superficie del orden de 9 metros cuadrados, colocando anclajes en cada cuadrícula interiormente para lograr una fijación perfecta [25].



*Figura 17.* Esquemización del sistema BBM

Fuente: Daniel Castro Fresno

Las mallas metálicas son elementos anti erosión y a la vez excelente comportamiento en el soporte de la revegetación y para eso se debe colocar una membrana de geomalla tridimensional de polipropileno con altas características a la resistencia del ataque de los rayos UVA, este sistema anti erosión no está concebido para soportar grandes movimientos de masas de tierra, que pueden estar asociados a fallas profundas, el sistema puede ser utilizado eficazmente en la cara exterior del talud para estabilizar pequeños deslizamientos de suelos y piedras, la inclinación del talud para este sistema geotécnicamente deberán ser aplicados a pendientes que no sean superiores a  $35 - 45^\circ$ , la capacidad de carga de este sistema bajo condiciones de explotación o funcionamiento son de valores que están en torno a  $7.5 - 10 \text{ Kn/M}^2$  [26].



Figura 18. Detalle de mallas metálicas ancladas con pernos

Fuente: Daniel Castro Fresno

Las banquetas en las pendientes de taludes son modificaciones geométricas que se realizan para lograr un equilibrio de masas, en donde la metodología consta en disminuir las fuerzas que desestabilizan la pendiente. Esta modificación geométrica en el talud ocasiona una redistribución del peso en la superficie de las pendientes, los métodos más utilizados son: la reducción de inclinación de la pendiente, bajar el peso en la parte superior del talud, aumentar el peso en el pie de talud, construir bancos y bermas. La metodología de la reducción de inclinación de la pendiente implica las excavaciones que se realizan en la cabecera del talud para poder disminuir las fuerzas desestabilizadoras, pero en ocasiones esto implica el movimiento de grandes volúmenes los cuales alteran el impacto ambiental, altos costos de construcción, el grado de dificultad para construirlo, pero a la vez es necesario aumentar el peso en el pie de talud para lo cual se necesita mayores espacios de ancho en la base para aplicar un relleno con material de alto grado de drenaje [27].

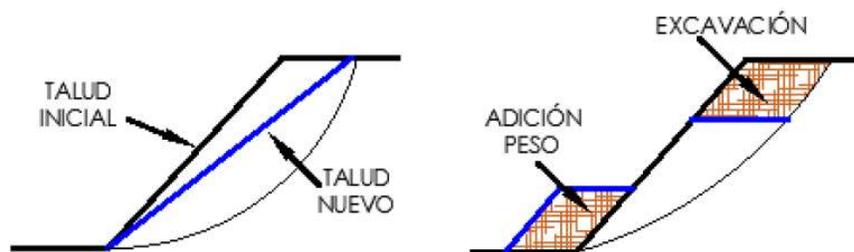


Figura 19. Detalle de modificación de pendiente y excavación de banqueta con aumento de peso en el pie de talud

Fuente: Gonzales de Vallejo *et al* (2002)

### **III. METODOLOGÍA**

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

##### **Tipo de investigación**

La investigación aplicada es la investigación sobre la base de la cual la investigación básica, pura o fundamental puede proporcionar a dirigir u orientar a solucionar problemas de tipos sociales de un país, región, comunidad y de la sociedad en general, dichos problemas pueden ser de la salud, la contaminación ambiental del medio, de la educación en crisis [...]. se puede decir que son aplicadas porque se basan en los resultados de investigaciones básicas, puras o fundamentales, de las ciencias naturales y sociales, en las que encontramos que se formulan los problemas y se construyen hipótesis de trabajo para resolver problemas comunitarios de la vida social, regional o nacional [28]. De acuerdo al concepto definido anteriormente se puede establecer que esta investigación es de tipo aplicada por ser practica y que se utilizarán teorías, resultados para resolver los problemas de inestabilidad de las superficies inclinadas (talud) de la carretera y está orientada a mejorar dicha inestabilidad utilizando las normas, tecnologías de contención para estabilizar los deslizamientos de masas de tierra y piedras.

##### **Enfoque de investigación**

El enfoque cuantitativo puede utilizar los instrumentos para recolectar los datos y posteriormente analizar esa información y así poder responder a las preguntas de la investigación y a la vez poder probar las hipótesis formuladas anteriormente, además el autor indica que la medición cuantitativa de las variables y los instrumentos de investigación son confiables, junto con la estadística descriptiva e inferencial, el procesamiento estadísticos de datos y la prueba de hipótesis; la formulación de hipótesis estadísticas, el diseño formal del tipo de investigación; el muestreo, etc. [29]. El enfoque de esta investigación es cuantitativo puesto que se va a recopilar datos de información para el análisis del talud y demostrar las hipótesis de solución planteadas.

## **El diseño de la investigación**

El diseño de una investigación no experimental se define como una investigación que se desarrolla o realiza sin que se manipulen de manera intencional las variables. Es por eso, que se puede tratar los estudios en los intencionalmente dejamos las variables independientes para poder ver el efecto sobre las demás variables [...] [30]. Según el autor el diseño de una investigación transversal o transeccional es cuando se recolectan datos en un solo momento, es decir, recopila información de datos en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). Su finalidad es describir las variables y poder analizar la incidencia y su correlación en un tiempo dado. Es como si se pudieras “tomar una fotografía” en algún momento específico de algo que sucede [...]. Los diseños transversales descriptivos tienen como objetivo investigar y/o averiguar la incidencia de los niveles de una o más variables en una población. [...]. [31]. Considerando las teorías descritas se puede definir a esta investigación como no experimental por que no se manipula la variable de la estabilidad de talud y se analiza en condiciones naturales sin modificar ni manipular los datos.

A la vez el diseño es transversal descriptivo por que se tomarán datos de los parámetros geométricos del talud y los parámetros físicos del suelo del talud en un momento dado para determinar los factores de seguridad del talud, comparando metodologías de estabilizar los taludes y el diseño es correlacional debido a que las variables se relacionarán linealmente con la finalidad de ser asociadas comparativa y descriptivamente.

## **El nivel de la investigación:**

La investigación descriptiva, se define como una investigación inicial de segundo nivel, tiene como objetivo esencial recolectar datos e informaciones acerca de las características, propiedades, aspectos o dimensiones, clasificaciones de sujetos, personas, actores e instituciones, o de los procesos naturales o sociales. Como dice R. Gay “la investigación descriptiva, se define como la recopilación de información para poder probar una hipótesis o poder responder las preguntas relacionados con la situación del sujeto de investigación. [...]. Este grado de estudio también puede denominarse investigación de diagnóstico, recopilación de datos o

investigación correlacional [...] [32]. La presente investigación es de nivel descriptiva porque se recopilarán datos de campo, analizará y se probará la hipótesis para dar una propuesta de solución en este caso a la solución de estabilizar los taludes inestables.

### **3.2. Variables y operacionalización:**

Las variables son características o cualidades de; magnitud o cantidad, que es variable y sujeta a medición, análisis, se pueden manipular, o control en una determinada investigación. La variable independiente: es la causa que genera y explica los cambios en una variable que es dependiente. En los diseños experimentales la variable independiente es el método de tratamiento aplicado y manipulado en un grupo de experimentación. Ejemplo: La dieta a la que someten a un grupo obeso de pacientes. Y las variables dependientes: Son las que se pueden modificar por acción de la variable independiente. Son los efectos o consecuencias que se miden y que dan lugar a los resultados de la encuesta. Ejemplo: El peso corporal de los integrantes del grupo o muestra [33].

Variable 1 : Análisis de estabilidad de talud.

Variable 2 : Estructuras estabilizadores.

La operacionalización de variables es una técnica que se puede utilizar en ciertas investigaciones de estudio científico para especificar el proceso mediante el cual las variables pueden transformarse de algunos conceptos que son abstractos a términos muy sencillos y concretos, observables y a la vez que se puede medir, es decir, dimensiones, indicadores métricos. Por ejemplo, la variable actitud no puede ser observable, de allí que sea necesario operacionalizarla o traducirla en un elemento tangibles y que sea cuantificable [34]. (Ver matriz de Operacionalización en el anexo 1)

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población:**

La población se puede definir como los elementos o unidades de análisis accesibles que pertenecen al terreno o ámbito especial donde se lleva a cabo la investigación [35]. La población de la presente investigación es el tramo de la carretera ubicado en la hidroeléctrica San Gabán que tiene una longitud de 6.50 kilómetros.

#### **Muestra:**

La muestra es una parte representativa de una población que tiene las características comunes similares de la población [36]. La muestra de la presente investigación es el talud ubicado en el kilómetro 1+760 hasta 1+920 con una altura promedio de 25m que es el talud representativo con mayor índice de inestabilidad de acuerdo a las observaciones realizadas.

#### **Muestreo:**

El muestreo estratificado: cuando una población está conformada por subgrupos o cuando se requiere dividir a la población en estratos heterogéneos con unidades homogéneas de acuerdo a algunas variables que se considera que pueden influir en los resultados o porque se quiere hacer comparaciones de acuerdo a variables: edad, sexo, ocupación, ámbito geográfico, zona de residencia, entre otros [37]. En la presente investigación el muestreo será de acuerdo a una división o clasificación por tramos de la carretera según la topografía del talud y los suelos que conforma el tramo del talud, por lo tanto, el muestreo será el talud más representativo y que es más susceptible a los deslizamientos a causa de la inestabilidad.

#### **Unidad de análisis:**

La unidad de análisis para una investigación es aquella que tienen características similares y que se encuentran en área determinada. Empíricamente se puede mencionar que son los atributos, características o cualidades de personas objetos o fenómenos o eventos a los que se aplican las herramientas para medir

las variables estudiadas. [...] [38]. La unidad de análisis para esta investigación es el talud de la carretera, porque será el objeto delimitado para ser investigado.

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

#### **Técnicas**

La observación forma un conjunto de pruebas para una u otra hipótesis o teoría, por lo tanto, en gran medida, dependen del propósito. El investigador no solo debe registrar datos, sino que debe elegir conscientemente que datos confirman o refutan sus ideas. Así, la observación como método investigativo es una percepción reflexiva, racional, planificada y sistemática de los fenómenos relevantes para el objeto de estudio, en condiciones naturales y habituales, es decir no incitándolos y utilizando medios científicos, con el objetivo de dar una explicación científica de la naturaleza profunda de estas cosas [39]. De acuerdo a la teoría descrita las técnicas empleadas en esta investigación es la técnica de la observación porque se registrará datos de topografía del talud seleccionado, datos de mecánica de suelos según criterios técnicos y racionales.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

En caso de los instrumentos de observación libre no estructurada, se pueden emplear instrumentos tales como son: los diarios utilizados en el área de trabajo, libretas o cuadernos, cámara fotográfica y equipos de grabación de videos. En la observación estructurada, pueden utilizarse instrumentos que ayuden al observador, así como son la lista o relación de cotejo, lista de frecuencias y escala de estimación [40]. Los instrumentos de recolección de datos utilizado en la presente investigación son las fichas técnicas de recolección de información puesto que están prediseñadas según el estudio que se realizará en la recolección de datos de la topografía, parámetros del suelo del talud en investigación. (Ver anexo 3)

## **Validez**

La validación o validez en términos procedimentales, se puede referir para poder probar que el instrumento puede medir de manera real las variables que se debe medir. Por ejemplo, se tiene el instrumento válido para que pueda medir la inteligencia entonces significa que dicho instrumento debe medir la inteligencia mas no la memoria. [...] [41]. Para la validez de los instrumentos se utilizará las normas técnicas del capítulo CE.020 que trata de la estabilización de suelos y taludes del RNE, así también se validará estadísticamente con el SPSS. (Ver anexo 4)

## **Confiabilidad de los instrumentos.**

La confiabilidad de los instrumentos de medición que se aplican en una investigación pueden referirse a que su aplicación repetitiva a un mismo objeto debe de producir iguales o similares resultados. [...]. Entonces, por ejemplo, si en este momento se mide la temperatura ambiente con un termómetro y marca 22°C, y al minuto siguiente se vuelve a consultar y dice 5°C, y a los tres minutos posterior se vuelve a observar y se indica 40°C, entonces dicho termómetro no sería fiable, ya que su aplicación repetida produce resultados variados. [...] [42]. Para la confiabilidad de las fichas, libretas de campo se utilizará de acuerdo a las normas establecidas. (Ver anexo 10).

## **3.5. Procedimientos:**

En el proceso de ejecución para este proyecto de investigación se ha realizado estudio del levantamiento de información topográfica a partir de imágenes tomadas mediante un vehículo aéreo no tripulado (drone de 4 rotores), para posteriormente procesar mediante la técnica de structure from motion utilizando el software Agisoft metashape que genera una nube de puntos en 3D, a partir de esta nube de puntos se ha identificado el tramo de talud en estudio y así se ha generado las secciones de las pendientes transversales a la vía, las nubes de puntos 3D nos ha aportado una información geométrica con las coordenadas X, Y, Z; de la superficie exterior de las pendientes del talud, así también dicha información nos ha servido para poder caracterizar, verificar la presencia de material rocoso, piedras sueltas que están en la superficie del talud en el tramo de estudio, se ha generado 114 imágenes, área cubierta de 0.0475 km<sup>2</sup> y 69,924 puntos. Posteriormente esta

información geométrica tridimensional sirvió para evaluar la estabilidad del talud a través de los análisis cinemáticos o de estabilidad.

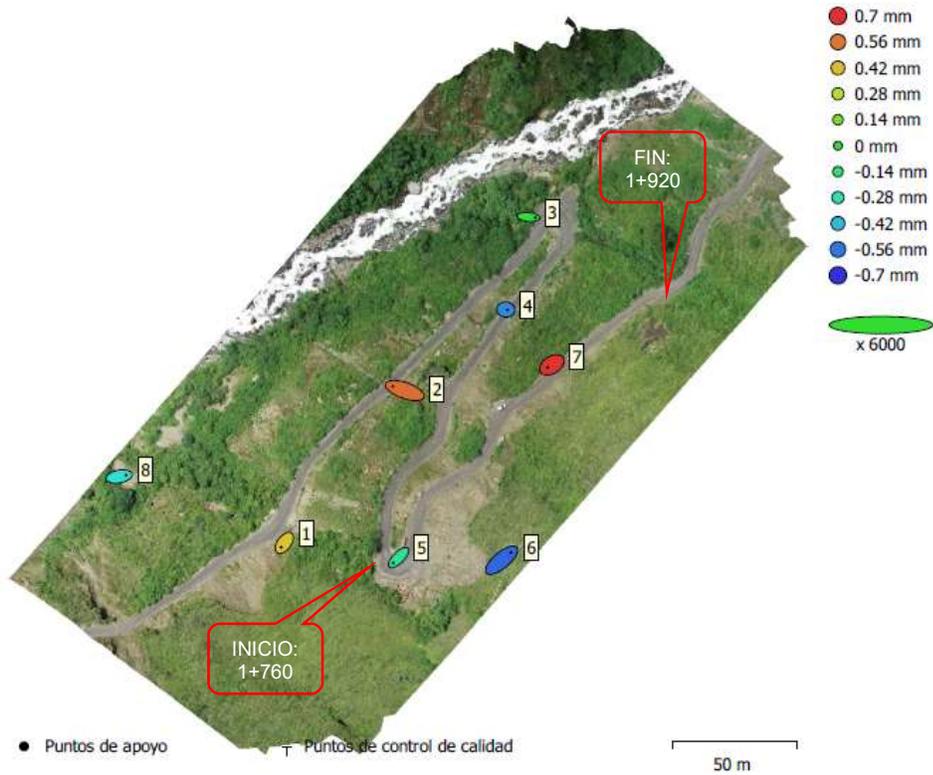


Figura 20. Modelo 3D de topografía de la superficie del talud en estudio



Figura 21. Planeamiento de vuelo con dron

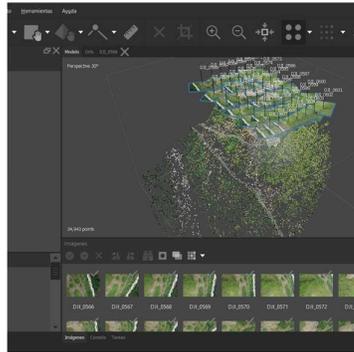


Figura 22. Creación de nube de puntos 3D

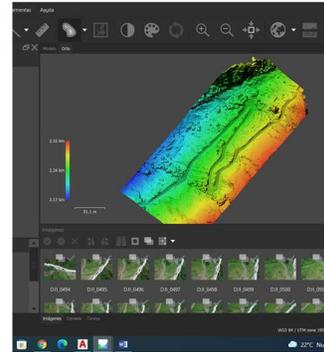


Figura 23. Modelo 3D georreferenciado

A la vez en el tramo de talud en estudio que comprende desde la progresiva 1+760 al 1+920 y tiene por coordenadas UTM; N: 8482565.737, E: 343582.599 y N: 8482676.130, E: 343688.041 respectivamente en inicio y fin de tramo de la

carretera en investigación, y se ha realizado el muestreo de suelos para poder determinar los parámetros físicos del suelo, la clasificación de suelos y el perfil estratigráfico por cada calicata, la excavación se realizó a una profundidad de 2.00m, en donde se ha procedido a tomar muestras alteradas porque eran suelos de composición granular y roca fracturada, seguidamente se ha realizado los respectivos ensayos en un laboratorio de geotecnia en donde se ha determinado la humedad natural, análisis de granulometría por tamizado así también se ha identificado la clasificación según SUCS de los suelos , los límites de aterberg o consistencia como son limite líquido, limite plástico e índice plástico, así también se ha determinado la gravedad específica y absorción, así también se ha realizado el ensayo de corte directo según la ASTM D3080 – 98, en donde se ha determinado los parámetros físicos del suelo como son la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo, en el tramo de talud seleccionado se ha adoptado la realización de 04 calicatas, distribuido de la siguiente forma: 01 calicata en la parte superior del talud (cabeza), 01 calicata en el pie de talud (calzada de la vía prog. 1+800), 01 calicata en la calzada de vía prog. 1+760 y 01 calicata en la base del talud parte inferior. El terreno es una superficie inclinada con pendientes que van desde 47° hasta 73° y tienen una altura de talud artificial de 25m hasta 10m respectivamente.



Figura 24. Realización de la calicata n° 02



Figura 25. Realización de la calicata n° 03



Figura 26. Presenta material de roca fracturada

#### **Clasificación de suelo C-01, C-02, C-03 y C-04**

Una vez que se ha realizado el muestreo de los suelos se ha procedido a realizar la clasificación de suelos de las 04 calicatas obteniendo los siguientes resultados

según la ASTM D-422 y para el caso de roca se ha determinado el ensayo de carga puntual mediante una prensa hidráulica según la ASTM – D 5731.

**Tabla 7. Resumen de clasificación de suelo y roca según estratos.**

Muestra	Estrato	Profundidad (m)	Espesor (m)	Clasificación SUCS/Dureza de Roca	Descripción
C - 01	E1	0.00 - 0.30	0.30	-	Suelo Organico
	E2	0.30 - 3.40	3.10	<b>SM</b>	Arena limosa color verde característica compacta de forma subangulosa.
	E3	3.40 - 4.00	0.60	<b>R5 - Granito San Gabán</b>	Manto rocoso, caract. resistentes y duras, compuesto de roca fracturada
C - 02	E1	0.00 - 0.20	0.20	-	Suelo Organico
	E2	0.20 - 1.10	0.90	<b>GP - GM</b>	Grava mal graduada con limo color verde oscuro, caract. Compactas de forma subangulosa.
	E3	1.10 - 3.00	1.90	<b>R5 - Granito San Gabán</b>	Manto rocoso, caract. resistentes y duras, compuesto de roca fracturada
C - 03	E1	0.00 - 0.20	0.20	-	Suelo Organico
	E2	0.20 - 1.50	1.30	<b>GM</b>	Grava limosa con arcilla color verde amarillento, caract. Compactas y forma subangulosa
	E3	1.50 - 3.00	1.50	<b>R5 - Granito San Gabán</b>	Manto rocoso, caract. resistentes y duras, compuesto de roca fracturada
C - 04	E1	0.00 - 0.20	0.20	-	Suelo Organico
	E2	0.20 - 1.70	1.50	<b>SC - SM</b>	Arena arcillosa color verde grisáceo, caract. Compactas de forma subangulosas
	E3	1.70 - 3.00	1.30	<b>R5 - Granito San Gabán</b>	Manto rocoso, caract. resistentes y duras, compuesto de roca fracturada

Así mismo se presenta el resumen en donde se muestra los resultados obtenidos en dichos ensayos de laboratorio sobre los parámetros físicos del suelo y el parámetro del estrato de roca, en donde se menciona que superficialmente se encontró presencia de material orgánico conformado por raíces y cobertura vegetal, seguidamente por un estrato duro de suelo con bastante presencia de gravas y por debajo de este estrato inicia los bloques de roca sub-angulosos de características de tipo granito fracturada.

**Tabla 8. Resumen del análisis granulométrico y límites de consistencia.**

Muestra	Profundidad (m)	Espesor (m)	Humedad Natural (%)	Análisis Granulométrico			Límites de Consistencia		
				Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
C - 01	0.00 - 0.30	0.30	-	-	-	-	-	-	-
	0.30 - 3.40	3.10	13.40	46.39	33.07	20.54	28.07	25.68	2.40
	3.40 - 4.00	0.60	-	-	-	-	-	-	-
C - 02	0.00 - 0.20	0.20	-	-	-	-	-	-	-
	0.20 - 1.10	0.90	15.20	57.76	31.05	11.19	27.09	25.91	1.18
	1.10 - 3.00	1.90	-	-	-	-	-	-	-
C - 03	0.00 - 0.20	0.20	-	-	-	-	-	-	-
	0.20 - 1.50	1.30	10.50	54.53	31.27	14.20	29.56	27.54	2.03
	1.50 - 3.00	1.50	-	-	-	-	-	-	-
C - 04	0.00 - 0.20	0.20	-	-	-	-	-	-	-
	0.20 - 1.70	1.50	11.80	41.44	37.28	21.28	30.43	26.41	4.02
	1.70 - 3.00	1.30	-	-	-	-	-	-	-

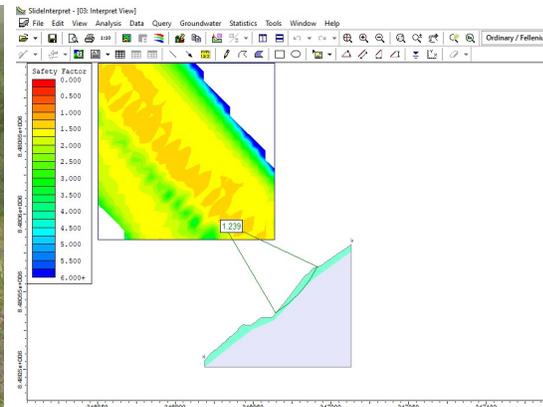
**Tabla 9. Resumen de los parámetros físicos determinados de suelos y roca.**

Muestra	Profundidad (m)	Espesor (m)	Ensayo de corte directo		Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> )
			Ángulo de fricción (°)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )		
C - 01	0.00 - 0.30	0.30	-	-	-	-
	0.30 - 3.40	3.10	16.68	0.423	1.820	17.848
	3.40 - 4.00	0.60	-	-	2.793	27.389
C - 02	0.00 - 0.20	0.20	-	-	-	-
	0.20 - 1.10	0.90	22.89	0.315	1.800	17.652
	1.10 - 3.00	1.90	-	-	2.827	27.723
C - 03	0.00 - 0.20	0.20	-	-	-	-
	0.20 - 1.50	1.30	25.66	0.351	1.840	18.044
	1.50 - 3.00	1.50	-	-	2.804	27.498
C - 04	0.00 - 0.20	0.20	-	-	-	-
	0.20 - 1.70	1.50	18.36	0.463	1.820	17.848
	1.70 - 3.00	1.30	-	-	2.804	27.498

Una vez recopilado las informaciones de campo acerca de la geometría de los taludes en estudio y a la vez determinados los parámetros físicos del suelo que componen el talud, se ha procedido a realizar el análisis y cálculo del factor de seguridad en dicho proceso se ha evaluado cuantitativamente los factores de seguridad en condiciones naturales en las que se encuentran los taludes, para tal efecto se ha hecho un análisis en condiciones estáticos y pseudo estáticos.



*Figura 27.* Se observa la geometría de talud en la progresiva 1+780



*Figura 28.* F.S. en condición estático de la prog.: 1+780

**Tabla 10. Resumen de los F.S. por cada progresiva con análisis estático.**

Progresiva	Talud	Análisis de estabilidad de talud - estatico					Observación
		Fellenius	Bishop	Spencer	Morgenstern y Price	F.S. min. Norma CE. 020	
1+760	1	1.293	1.287	1.798	1.450	1.50	No cumple
1+770	2	1.098	1.097	1.107	1.110	1.50	No cumple
1+780	3	1.239	1.243	1.238	1.248	1.50	No cumple
1+790	4	1.192	1.193	1.193	1.197	1.50	No cumple
1+800	5	1.281	1.282	1.281	1.284	1.50	No cumple
1+810	6	1.218	1.218	1.263	1.263	1.50	No cumple
1+820	7	1.077	1.074	1.081	1.086	1.50	No cumple
1+830	8	1.347	1.345	1.365	1.389	1.50	No cumple
1+840	9	1.233	1.234	1.256	1.261	1.50	No cumple
1+850	10	1.370	1.369	1.517	1.499	1.50	No cumple
1+860	11	1.288	1.274	1.346	1.345	1.50	No cumple
1+870	12	1.325	1.315	1.323	1.358	1.50	No cumple
1+880	13	1.253	1.252	1.253	1.253	1.50	No cumple
1+890	14	1.372	1.368	1.373	1.373	1.50	No cumple
1+900	15	1.392	1.385	1.403	1.402	1.50	No cumple
1+910	16	1.545	1.540	1.638	1.711	1.50	Cumple
1+920	17	1.353	1.342	1.381	1.383	1.50	No cumple

Y también se muestra el análisis pseudo estático, considerando un PGA para 100 años de retorno según el estudio de peligro sísmico en donde presenta un mapa de isoaceleraciones para lo cual, se ha tabulado y obtenido un valor de PGA para una aceleración horizontal de 0.1428g, pero la bibliografía indica que se debe utilizar el 50% de reducción; entonces el coeficiente sísmico horizontal con fines de cálculo será de: 0.0714g y el coeficiente sísmico vertical será de: 0.0357.



Figura 29. Se observa la geometría de talud en la progresiva 1+800

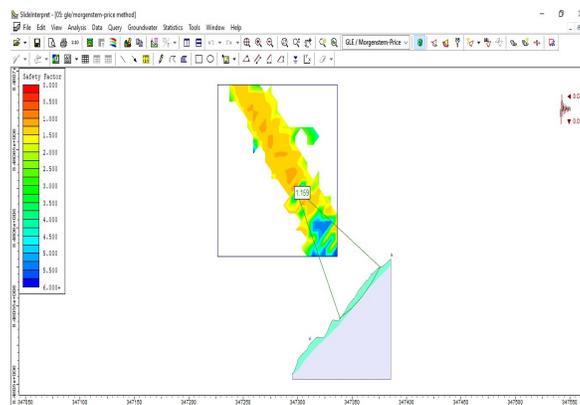


Figura 30. F.S. en condición pseudo-estático de la prog.: 1+800

Tabla 11. Resumen de los F.S. por cada progresiva con análisis pseudo-estático.

Progresiva	Talud	Análisis de estabilidad de talud - pseudo estático					F.S. min. Norma CE. 020	Observación
		Fellenius	Bishop	Spencer	Morgenstern y Price			
1+760	1	1.091	1.072	1.299	1.300	1.25	Cumple	
1+770	2	0.922	0.834	1.019	1.015	1.25	No cumple	
1+780	3	1.105	1.105	1.150	1.196	1.25	No cumple	
1+790	4	1.060	1.056	1.083	1.085	1.25	No cumple	
1+800	5	1.159	1.165	1.157	1.159	1.25	No cumple	
1+810	6	1.121	1.111	1.130	1.135	1.25	No cumple	
1+820	7	0.971	0.960	0.999	1.005	1.25	No cumple	
1+830	8	1.235	1.231	1.290	1.302	1.25	Cumple	
1+840	9	1.115	0.934	1.314	1.312	1.25	No cumple	
1+850	10	1.146	1.087	1.292	1.295	1.25	No cumple	
1+860	11	0.976	0.857	1.232	1.176	1.25	No cumple	
1+870	12	1.174	1.154	1.186	1.189	1.25	No cumple	
1+880	13	1.111	1.106	1.112	1.113	1.25	No cumple	
1+890	14	1.031	0.745	1.210	1.218	1.25	No cumple	
1+900	15	1.222	1.211	1.249	1.249	1.25	No cumple	
1+910	16	1.208	0.965	1.467	1.468	1.25	Cumple	
1+920	17	1.061	0.847	1.206	1.203	1.25	No cumple	

### 3.6. Método de análisis de datos:

El método de análisis de información de datos que se empleará el método es descriptivo e inferencial de cálculo será según el límite de equilibrio para poder

determinar los factores de seguridad en condiciones estáticas y en condiciones pseudo-estáticas, para lo cual se utilizará el software de Slide v.6 y para los análisis de los muros de contención se utilizará las hojas de cálculo de Excel; previamente se utilizarán el AutoCAD civil 3D 2019, para el procesamiento de datos de la topografía de la superficie del terreno se empleará el software Agisoft metashape que genera una nube de puntos 3D y analizar la geometría de las pendientes de las secciones transversales de la carretera, a la vez se realizara un análisis estadístico de la relación o correlación con el software SPSS.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Para poder desarrollar esta investigación que se viene planteando se hará aplicando la normativa ISO 690 obligada para las citas y referencias, así también se basará utilizando la guía de elaboración de trabajo de investigación de tesis y títulos profesionales de la Universidad Cesar Vallejo, además de eso se empleará para las verificaciones según las normas de la NTP CE.020, E.030, E.050 del reglamento nacional de edificaciones. En esta investigación se busca mejorar y solucionar los problemas de deslizamiento de masas de tierra y piedras en el tramo de la carretera hidroeléctrica de tal forma que la transitabilidad por dicha vía sea segura y continua sin interrupciones a causa de vías bloqueadas por materiales depositados en la calzada de la vía. La investigación se desarrollará con mucha responsabilidad brindando autenticidad y datos reales del procedimiento de análisis y desarrollo de investigación.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación política

De acuerdo a la ubicación política, el presente estudio de investigación se encuentra ubicada en:

- Departamento : Puno.
- Provincia : Carabaya.
- Distrito : San Gabán.
- Lugar : Valle Tupuri – hidroeléctrica San Gabán.



Figura 31. Mapa político del Perú



Figura 32. Mapa político del departamento de Puno

## Ubicación del proyecto

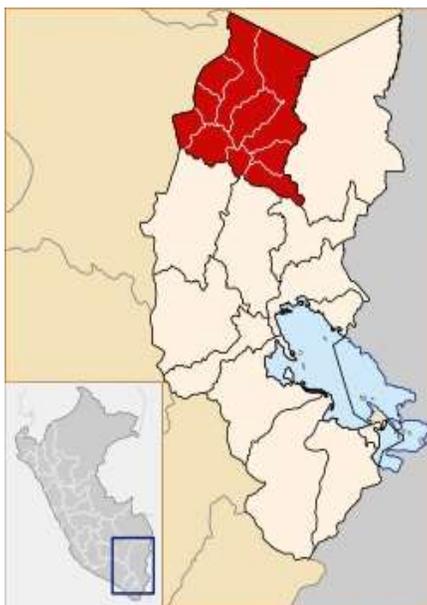


Figura 33. Mapa de la provincia de Carabaya



Figura 34. Mapa del distrito de San Gabán

## Limites

- Norte : Con el distrito de Inambari (Dpto. de Madre de Dios).
- Sur : Con el distrito de Ollachea.
- Este : Con el distrito de Ayapata.
- Oeste : Con el distrito de Quispicanchi (Dpto. de Cusco).

## Ubicación geográfica

El estudio de investigación se encuentra ubicado en la jurisdicción del distrito de San Gabán, en ceja de selva a la margen derecha del río San Gabán y de la carretera interoceánica Perú – Brasil, la carretera en investigación está ubicada al sur de la capital del distrito de San Gabán, con una altitud promedio de 2160 m.s.n.m.

## Clima

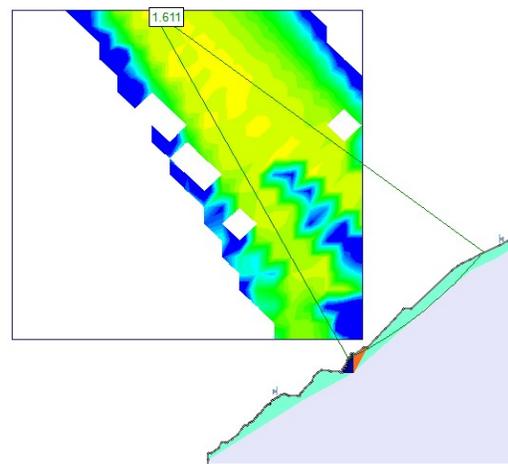
El clima del lugar de estudio es templado, y de moderado a alto lluvioso, con amplitud térmica moderada, presenta características fisiográficas particulares y diferenciadas, que condicionan su topografía, clima; en relación a las

precipitaciones en el ámbito se presentan veranos lluviosos, neblinas con inviernos húmedos a secos, la precipitación media mensual histórica registrada se encuentra entre los 35 mm a 800 mm, por lo que se considera lluvioso entre los meses de septiembre a abril, la humedad relativa no supera el 60% a lo largo del año y la media es de 55%, la velocidad de viento promedio es de 2.75 m/s, sin embargo en algunos meses presenta vientos máximas de hasta 14 m/s, la temperatura anual promedio es de 19 °C, la nubosidad en la zona del proyecto es relativamente baja en temporadas no lluviosas y se encuentran más nubosidad y neblina en la temporada de lluvias.

**Objetivo específico 1:** Demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas.



*Figura 35.* Cuarteo de la calicata 03, para determinar los parámetros físicos del suelo



*Figura 36.* F.S. relacionado con el muro de gavión y banqueta en condición estática de la prog.: 1+790

**Tabla 12.** Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y banquetas – bajo condición estática.

Progresiva	Talud	Estabilidad de talud con muros de gaviones y banquetas - estática					Observación
		Fellenius	Bishop	Spencer	Morgenstern y Price	F.S. min. Norma CE. 020	
1+760	1	1.612	1.597	1.754	1.729	1.50	Cumple
1+770	2	1.534	1.500	1.623	1.625	1.50	Cumple
1+780	3	1.707	1.702	1.741	1.743	1.50	Cumple
1+790	4	1.613	1.610	1.614	1.611	1.50	Cumple
1+800	5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	Cumple
1+810	6	1.617	1.614	1.633	1.631	1.50	Cumple
1+820	7	1.697	1.700	1.911	2.310	1.50	Cumple
1+830	8	1.567	1.561	1.580	1.570	1.50	Cumple
1+840	9	1.496	1.503	1.506	1.506	1.50	Cumple
1+850	10	1.595	1.588	1.594	1.594	1.50	Cumple
1+860	11	1.585	1.574	1.594	1.586	1.50	Cumple
1+870	12	1.779	1.779	1.783	1.784	1.50	Cumple
1+880	13	1.650	1.651	1.650	1.654	1.50	Cumple
1+890	14	1.553	1.553	1.551	1.558	1.50	Cumple
1+900	15	1.774	1.768	1.868	1.877	1.50	Cumple
1+910	16	1.801	1.802	1.862	1.861	1.50	Cumple
1+920	17	1.765	1.787	1.780	1.783	1.50	Cumple

**Tabla 13.** Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y banquetas – bajo condición pseudo estática.

Progresiva	Talud	Estabilidad de talud con muros de gaviones y banquetas - pseudo estática			Observación
		Spencer	Morgenstern y Price	F.S. min. Norma CE. 020	
1+760	1	1.529	1.563	1.25	Cumple
1+770	2	1.420	1.419	1.25	Cumple
1+780	3	1.537	1.537	1.25	Cumple
1+790	4	1.480	1.463	1.25	Cumple
1+800	5	1.314	1.313	1.25	Cumple
1+810	6	1.528	1.534	1.25	Cumple

1+820	7	1.618	1.617	1.25	Cumple
1+830	8	1.457	1.415	1.25	Cumple
1+840	9	1.342	1.337	1.25	Cumple
1+850	10	1.442	1.440	1.25	Cumple
1+860	11	1.430	1.431	1.25	Cumple
1+870	12	1.619	1.621	1.25	Cumple
1+880	13	1.514	1.512	1.25	Cumple
1+890	14	1.397	1.385	1.25	Cumple
1+900	15	2.035	1.693	1.25	Cumple
1+910	16	1.743	1.722	1.25	Cumple
1+920	17	1.742	1.741	1.25	Cumple

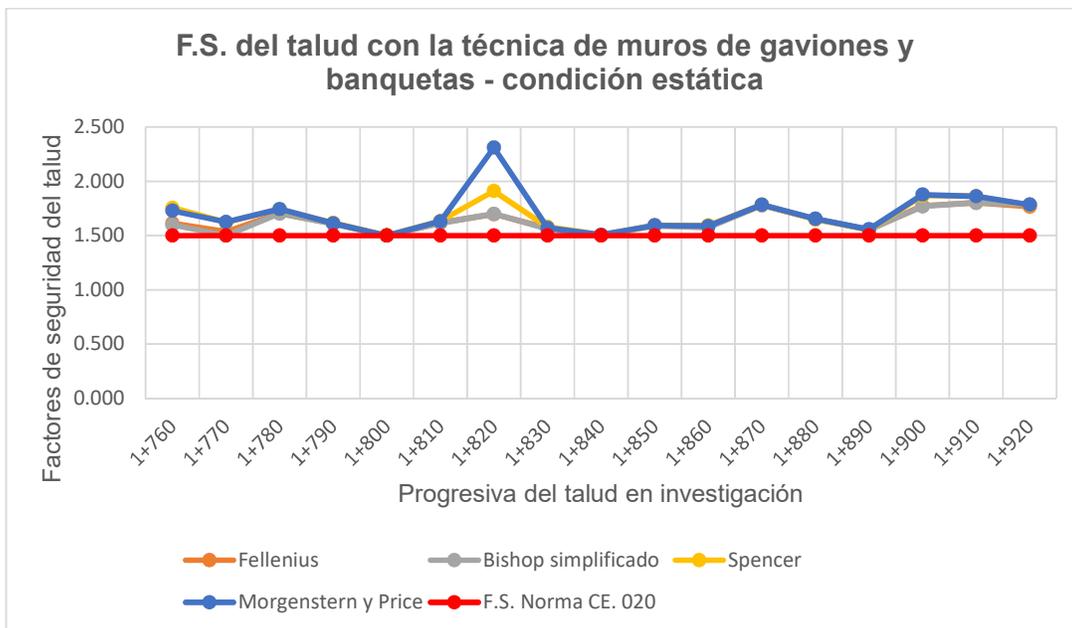
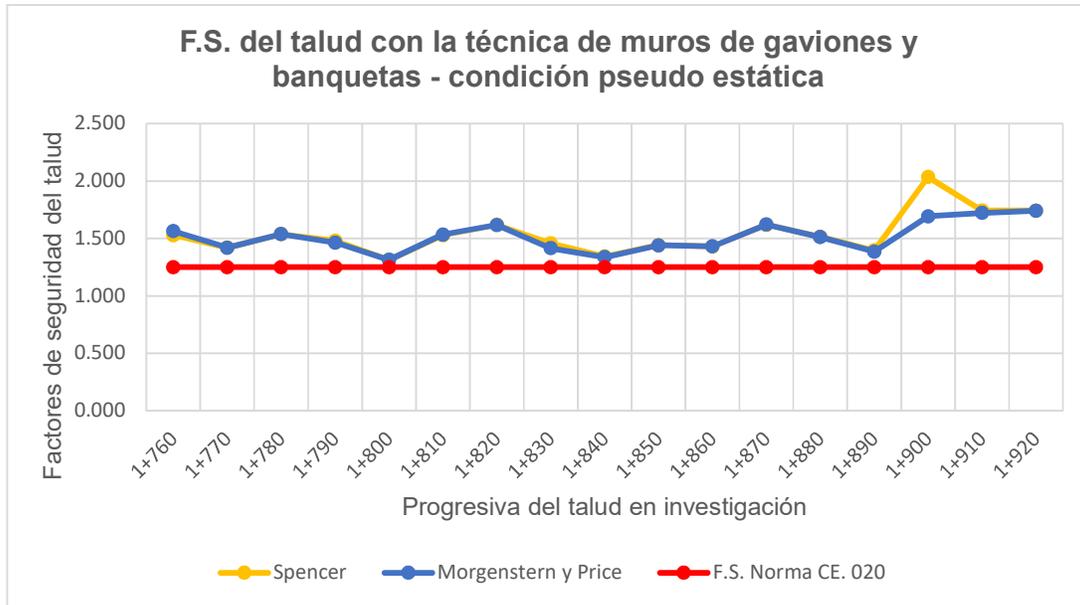


Figura 37. F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y banquetas – bajo condición estática



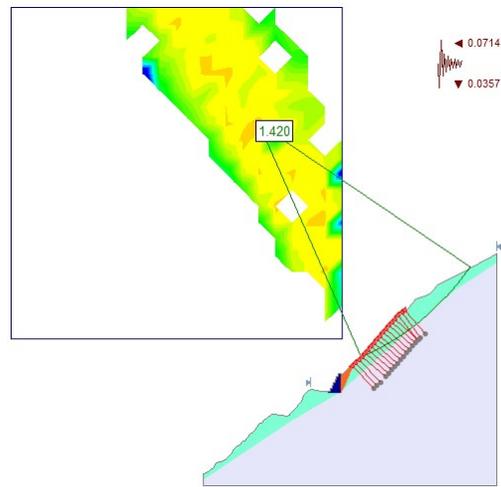
**Figura 38.** F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y banquetas – bajo condición pseudo estática

Según las tablas 12, 13 y las figuras 37, 38, se puede observar los valores de los factores de seguridad del talud con un análisis bajo condición estática son mayores a 1.50 y que los valores promedio son: 1.638, 1.635, 1.679 y 1.701; y el análisis bajo condición pseudo-estática los valores promedio son: 1.538 y 1.514 dichos valores son mayores a 1.25 establecido como valores mínimos aceptables por la norma CE. 020; por lo tanto, la técnica de estabilización del talud combinada con muro de gaviones y banquetas planteadas al talud existente de la carretera tiene una relación de que satisfacen las necesidades de estabilización.

**Objetivo específico 2:** Demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas.



**Figura 39.** Corte directo para determinar: cohesión y ángulo de fricción interna del suelo



**Figura 40.** F.S. relacionado con muros de gavión y malla metálica condición pseudo estática de la prog.: 1+790

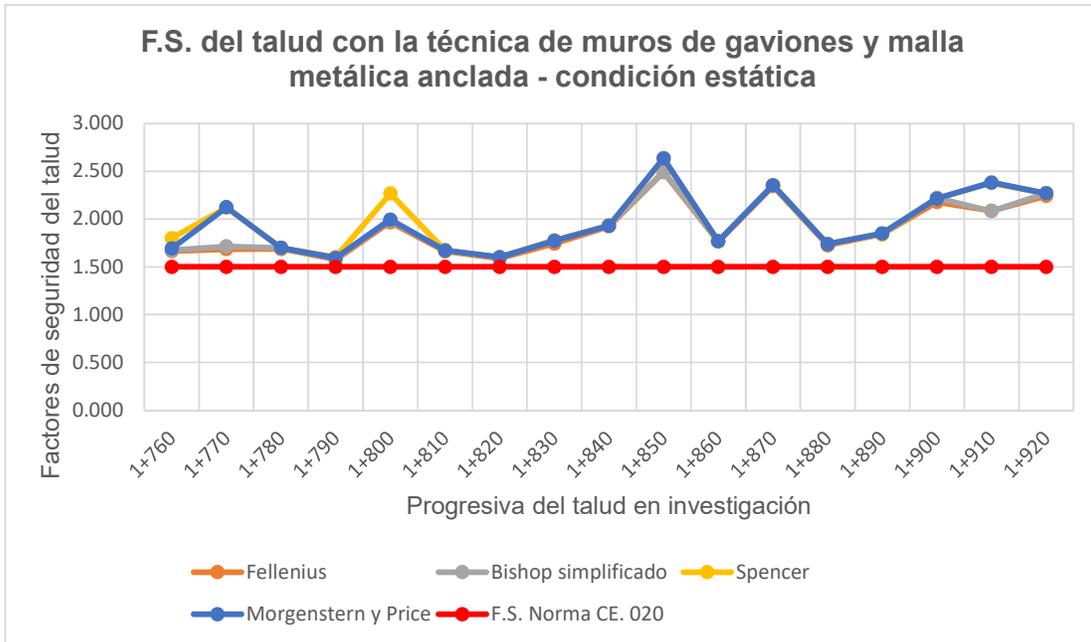
**Tabla 14.** Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática.

Progresiva	Talud	Estabilidad de talud con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas - condición estática					Observación
		Fellenius	Bishop	Spencer	Morgenstern y Price	F.S. min. Norma CE. 020	
1+760	1	1.665	1.673	1.801	1.692	1.50	Cumple
1+770	2	1.686	1.715	2.119	2.124	1.50	Cumple
1+780	3	1.687	1.699	1.698	1.699	1.50	Cumple
1+790	4	1.577	1.590	1.602	1.594	1.50	Cumple
1+800	5	1.966	1.985	2.269	1.994	1.50	Cumple
1+810	6	1.662	1.673	1.673	1.672	1.50	Cumple
1+820	7	1.589	1.602	1.598	1.600	1.50	Cumple
1+830	8	1.743	1.778	1.776	1.773	1.50	Cumple
1+840	9	1.924	1.934	1.934	1.932	1.50	Cumple
1+850	10	2.491	2.495	2.635	2.637	1.50	Cumple
1+860	11	1.765	1.769	1.768	1.768	1.50	Cumple
1+870	12	2.343	2.351	2.354	2.354	1.50	Cumple
1+880	13	1.726	1.741	1.738	1.738	1.50	Cumple
1+890	14	1.841	1.846	1.845	1.850	1.50	Cumple

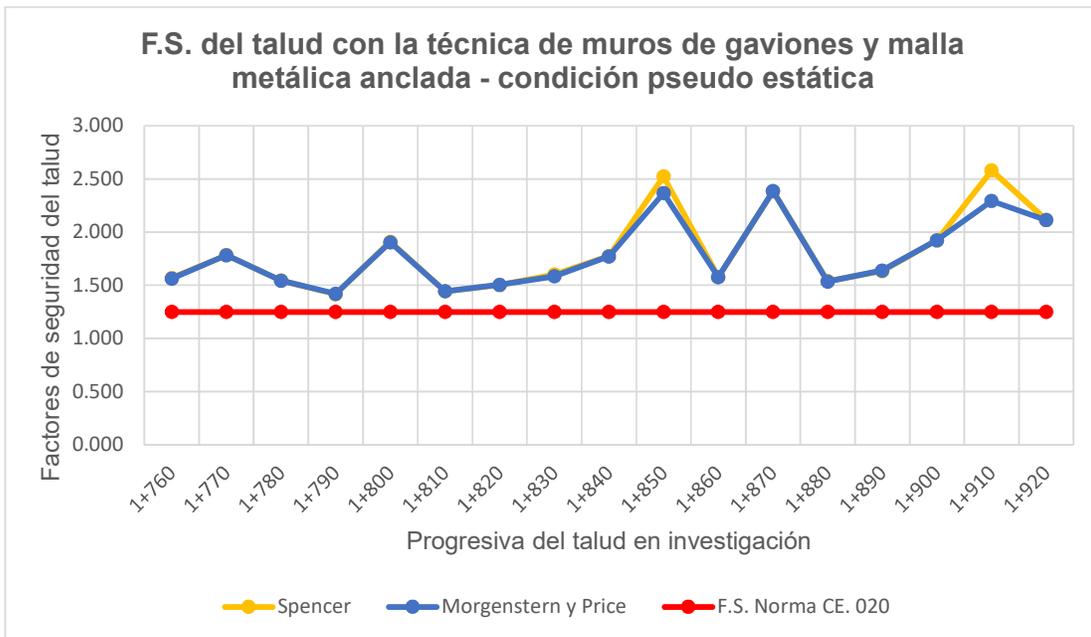
1+900	15	2.178	2.221	2.214	2.214	1.50	Cumple
1+910	16	2.087	2.083	2.378	2.383	1.50	Cumple
1+920	17	2.244	2.272	2.268	2.268	1.50	Cumple

**Tabla 15.** Resumen de los F.S. relacionado con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática.

Progresiva	Talud	Estabilidad de talud con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas - pseudo estática			Observación
		Spencer	Morgenstern y Price	F.S. min. Norma CE. 020	
1+760	1	1.569	1.564	1.25	Cumple
1+770	2	1.785	1.783	1.25	Cumple
1+780	3	1.546	1.544	1.25	Cumple
1+790	4	1.418	1.420	1.25	Cumple
1+800	5	1.910	1.904	1.25	Cumple
1+810	6	1.444	1.444	1.25	Cumple
1+820	7	1.503	1.505	1.25	Cumple
1+830	8	1.603	1.584	1.25	Cumple
1+840	9	1.775	1.772	1.25	Cumple
1+850	10	2.524	2.367	1.25	Cumple
1+860	11	1.576	1.577	1.25	Cumple
1+870	12	2.385	2.386	1.25	Cumple
1+880	13	1.540	1.536	1.25	Cumple
1+890	14	1.634	1.640	1.25	Cumple
1+900	15	1.924	1.923	1.25	Cumple
1+910	16	2.580	2.293	1.25	Cumple
1+920	17	2.114	2.113	1.25	Cumple



**Figura 41.** F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática



**Figura 42.** F.S. del talud con la técnica de muros de gaviones y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática

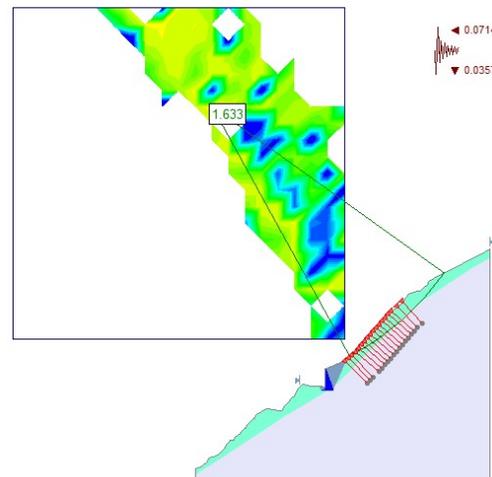
Según las tablas 14, 15 y las figuras 41 y 42, se puede observar que los valores de los factores de seguridad del talud con un análisis bajo condición estática son

mayores a 1.50 y que los valores calculados promedio son: 1.893, 1.907, 1.981 y 1.958; y los valores para un análisis en condición pseudo estática son: 1.814 y 1.786 dichos valores son mayores a 1.25 que establece la norma como valor mínimo, para determinar bajo condiciones pseudo estática la aceleración máxima horizontal calculado fue de 0.0714g y aceleración vertical fue de 0.0357g; por lo tanto, la técnica de estabilización del talud combinada con muro de gaviones y malla metálica anclada planteadas al talud existente de la carretera tiene una relación de que satisfacen las necesidades de estabilización del talud analizado.

**Objetivo específico 3:** Demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas.



*Figura 43.* Granulometría de suelo por cada calicata



*Figura 44.* F.S. relacionado con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas condición pseudo estática de la prog.: 1+790

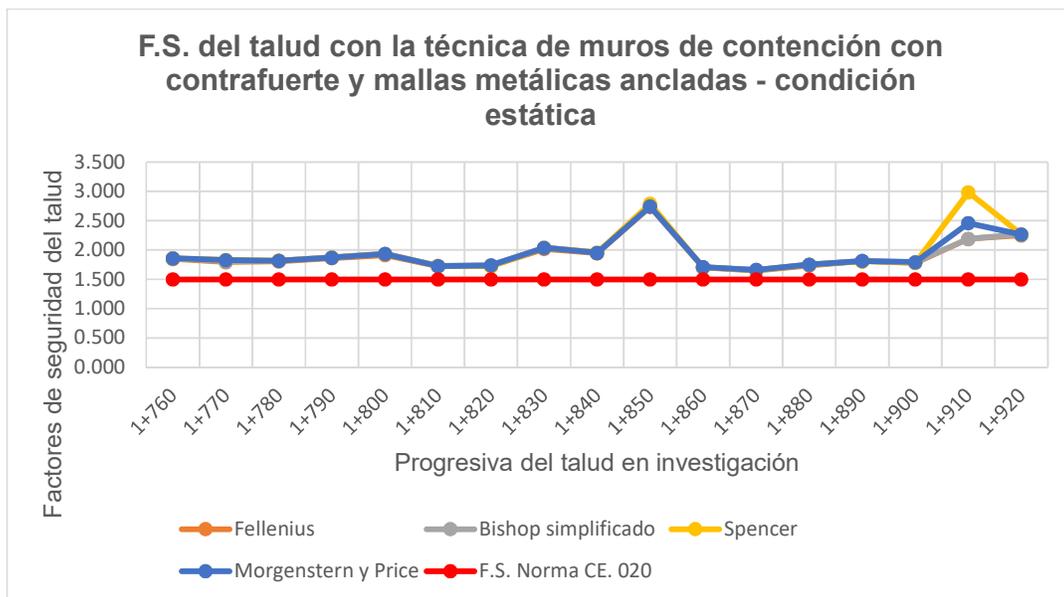
**Tabla 16.** Resumen de los F.S. relacionado con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática.

Progresiva	Talud	Estabilidad de talud con muro de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas - Condición estática					Observación
		Fellenius	Bishop	Spencer	Morgenstern y Price	F.S. min. Norma CE. 020	
1+760	1	1.848	1.859	1.857	1.860	1.50	Cumple
1+770	2	1.793	1.802	1.833	1.829	1.50	Cumple
1+780	3	1.805	1.818	1.821	1.819	1.50	Cumple
1+790	4	1.863	1.876	1.873	1.870	1.50	Cumple
1+800	5	1.912	1.935	1.931	1.933	1.50	Cumple
1+810	6	1.724	1.731	1.730	1.727	1.50	Cumple
1+820	7	1.729	1.741	1.722	1.738	1.50	Cumple
1+830	8	2.021	2.041	2.039	2.038	1.50	Cumple
1+840	9	1.945	1.955	1.956	1.952	1.50	Cumple
1+850	10	2.738	2.750	2.791	2.744	1.50	Cumple
1+860	11	1.703	1.704	1.705	1.708	1.50	Cumple
1+870	12	1.652	1.661	1.654	1.663	1.50	Cumple
1+880	13	1.740	1.750	1.751	1.751	1.50	Cumple
1+890	14	1.808	1.812	1.809	1.816	1.50	Cumple
1+900	15	1.781	1.789	1.786	1.792	1.50	Cumple
1+910	16	2.190	2.190	2.984	2.458	1.50	Cumple
1+920	17	2.252	2.268	2.268	2.265	1.50	Cumple

**Tabla 17.** Resumen de los F.S. relacionado con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática.

Progresiva	Talud	Estabilidad de talud con muro de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas - pseudo estática			Observación
		Spencer	Morgenstern y Price	F.S. min. Norma CE. 020	
1+760	1	1.629	1.645	1.25	Cumple
1+770	2	1.677	1.677	1.25	Cumple
1+780	3	1.628	1.628	1.25	Cumple
1+790	4	1.629	1.633	1.25	Cumple
1+800	5	1.774	1.723	1.25	Cumple

1+810	6	1.553	1.556	1.25	Cumple
1+820	7	1.739	1.588	1.25	Cumple
1+830	8	1.884	1.882	1.25	Cumple
1+840	9	1.755	1.756	1.25	Cumple
1+850	10	2.751	2.753	1.25	Cumple
1+860	11	1.532	1.527	1.25	Cumple
1+870	12	1.646	1.583	1.25	Cumple
1+880	13	1.539	1.541	1.25	Cumple
1+890	14	1.745	1.751	1.25	Cumple
1+900	15	1.833	1.832	1.25	Cumple
1+910	16	1.979	2.623	1.25	Cumple
1+920	17	2.265	2.023	1.25	Cumple



**Figura 45.** F.S. del talud con la técnica de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática

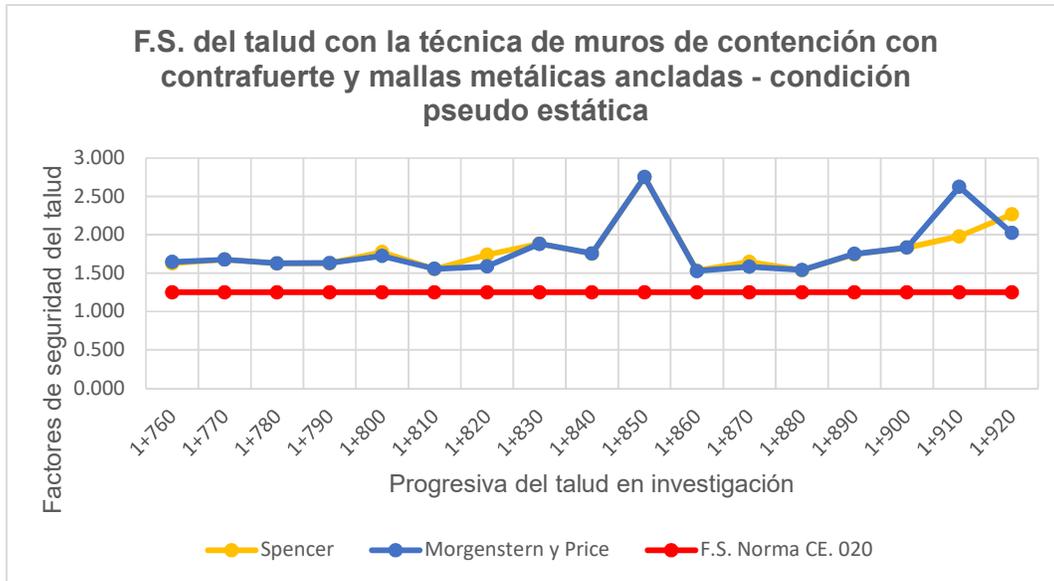


Figura 46. F.S. del talud con la técnica de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática

Según las tablas 16, 17 y las figuras 45 y 46, se puede observar que los valores de los factores de seguridad del talud con un análisis bajo condición estática son mayores a 1.50 y que los valores promedio son: 1.912, 1.922, 1.971 y 1.939; y el análisis bajo condición pseudo-estática los valores promedio son: 1.798 y 1.807 dichos valores son mayores a 1.25 valor mínimo establecido por la norma CE. 020, para determinar bajo condiciones pseudo estáticas la aceleración máxima horizontal fue de 0.0714g y aceleración vertical fue de 0.0357g; por lo tanto, la técnica de estabilización del talud combinada con muro de contención con contrafuerte y malla metálica anclada planteadas al talud existente de la carretera tiene una relación de que satisfacen las necesidades de estabilización de manera óptima.

## Contrastación de hipótesis

El diseño formulado en esta investigación de tesis es no experimental, de corte transversal y correlacional. Para el procesamiento estadístico de datos con el SPSS se realizó la prueba de normalidad con los datos de las N = 17, secciones analizadas de la muestra que comprende desde la progresiva 1+760 hasta 1+920, que son 160 metros de muestreo y por lo que se analizó el análisis de estabilidad cada 10 metros de longitud.

**Tabla 18.** Resumen del procesamiento estadístico de las secciones analizadas.

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Análisis de estabilidad de talud	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
Estructuras estabilizadores	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%

En la prueba para la normalidad se utiliza shapiro-Wilk, cuando la muestra es menor que 50 y se utiliza Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> cuando la muestra es mayor a 50.

**Tabla 19.** Prueba de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Análisis de estabilidad de talud	,119	17	,200*	,974	17	,882
Estructuras estabilizadores	,252	17	,005	,806	17	,002

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

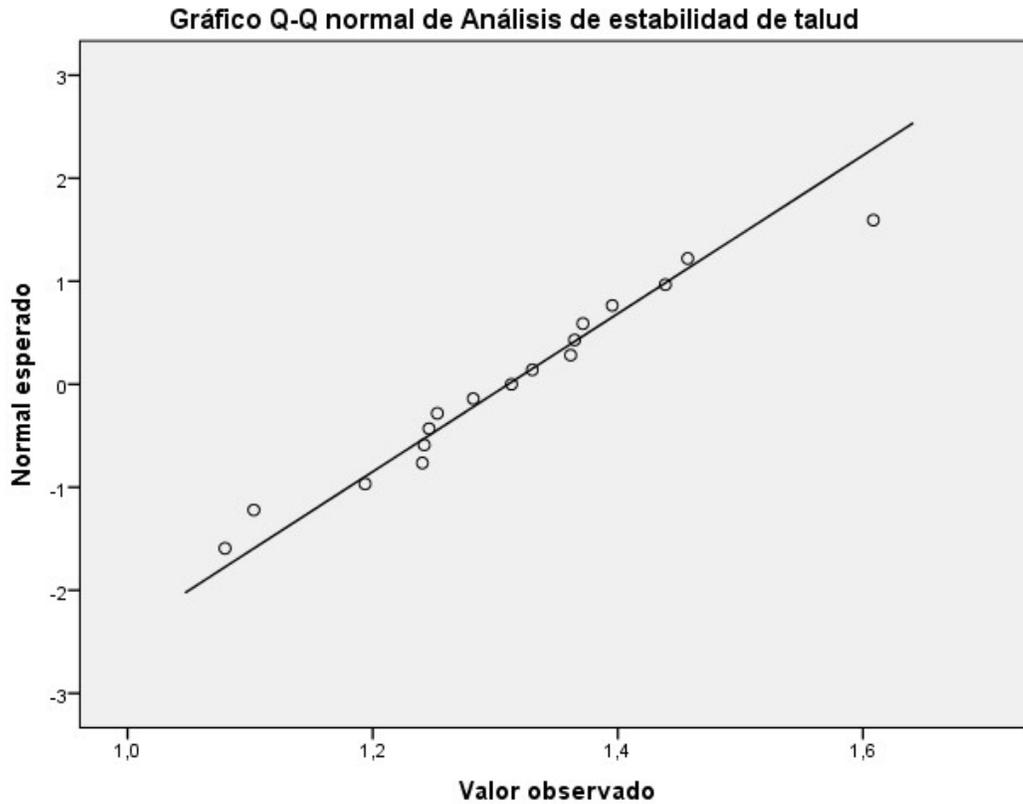
a. Corrección de la significación de Lilliefors

### Prueba paramétrica:

Son normales cuando el nivel de significancia es mayor a 0.05, entonces se utiliza la r de Pearson.

No son normales cuando el nivel de significancia es menor que 0.05, entonces se utiliza la Rho de Spearman.

Según el cálculo de la prueba de normalidad el número de muestra es 17, por ende, se utiliza Shapiro-Wilk, entonces de la prueba paramétrica el nivel de significancia es 0.882 lo cual es mayor que 0.05. Entonces los datos son normales por lo tanto se utiliza la r de Pearson.



*Figura 47.* Gráfico de dispersión

**Tabla 20.** Grado de relación de coeficiente de correlación de r de Pearson.

Valor	Interpretación
-1.00	Correlación negativa grande y perfecta
-0.90 a -0.99	Correlación negativa muy alta
-0.70 a -0.89	Correlación negativa alta
-0.40 a -0.69	Correlación negativa moderada
-0.20 a -0.39	Correlación negativa baja
-0.01 a -0.19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula.
+0.01 a +0.19	Correlación positiva muy baja
+0.20 a +0.39	Correlación positiva baja
+0.40 a +0.69	Correlación positiva moderada
+0.70 a +0.89	Correlación positiva alta
+0.90 a +0.99	Correlación positiva muy alta
+1.00	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Hernández *et al.* (2014).

Ha: Significa que existe una relación entre las variables (hipótesis alterna)

Ho: significa que no existe relación entre las variables al 95% de confianza 0,05  $\alpha$  de nivel de significancia (hipótesis nula).

**Hipótesis específico 01:** Se evalúa el grado de correlación entre el análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas.

**Tabla 21.** Grado de correlación de la hipótesis específica 01.

		Análisis de estabilidad de talud	Muros de gaviones y banquetas
Análisis de estabilidad de talud	Correlación de Pearson	1	,144
	Sig. (bilateral)		,582
	N	17	17
Muros de gaviones y banquetas	Correlación de Pearson	,144	1
	Sig. (bilateral)	,582	
	N	17	17

De acuerdo a la tabla 21, se puede observar que el grado del coeficiente de correlación de Pearson tiene un valor de  $r = 0,144$  entre la variable de estudio análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas, entonces podemos decir que se ubica en una correlación positiva muy baja o débil, de esta manera demostrando se afirma la relación entre análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021, a la vez indicar que la correlación fue positiva con un nivel de confianza al 95%.

**Prueba de la hipótesis:**

**Ha:** la hipótesis alterna de que existe relación significativa entre análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas.  $H_a: P_{xy} \neq 0$ .

**Ho:** la hipótesis nula no existe relación significativa entre análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas.  $H_o: P_{xy} = 0$ .

Entonces decimos que según la tabla 21, se puede observar que el coeficiente del grado de correlación y cuyo valor de acuerdo a Pearson fue  $r = 0,144$ , en donde se ubica en una correlación positiva muy baja o débil, de los valores que se han obtenido se interpreta que el grado de correlación entre la variable de estudio: Análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas tiene una tendencia de correlación positiva baja, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula en términos estadísticos existe relación con un nivel de confianza al 95%.

**Hipótesis específico 02:** Se evalúa el grado de correlación entre el análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas.

**Tabla 22.** Grado de correlación de la hipótesis específica 02.

		Análisis de estabilidad de talud	Muros de gaviones y mallas metálicas ancladas
Análisis de estabilidad de talud	Correlación de Pearson	1	,553*
	Sig. (bilateral)		,021
	N	17	17
Muros de gaviones y mallas metálicas ancladas	Correlación de Pearson	,553*	1
	Sig. (bilateral)	,021	
	N	17	17

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

De acuerdo a la tabla 22, se puede observar que el grado del coeficiente de correlación de Pearson tiene un valor de  $r = 0,553$  entre la variable de estudio análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas, entonces podemos decir que se ubica en una correlación positiva moderada o media, de esta manera demostrando la relación estadística del análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021, a la vez indicar que la correlación fue positiva con un nivel de confianza al 95%.

#### **Prueba de hipótesis:**

**Ha:** si existe una relación de manera significativa entre análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas.  $H_a: P_{xy} \neq 0$ .

**Ho:** No existe una relación de manera significativa entre análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas.  $H_o: P_{xy} = 0$ .

Entonces nuevamente según la tabla 22, podemos observar que el coeficiente del grado de correlación de Pearson fue  $r = 0,553$ , en donde se ubica en una correlación positiva moderada o media, de los valores obtenidos se interpreta que el grado de correlación entre: Análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas tiene una tendencia de correlación positiva moderada, por lo tanto la correlación de  $r$  de Pearson es significativa en términos

estadísticos con un nivel de confianza al 95%. El valor obtenido de  $\rho = 0,021$  está por debajo del valor de significancia que es igual a 0,05, entonces interpretamos que se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ). Con lo se afirma que existe la relación estadística entre: Análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas.

**Hipótesis específico 03:** Se evalúa el grado de correlación entre el análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas.

**Tabla 23.** Grado de correlación de la hipótesis específica 03.

		Análisis de estabilidad de talud	Muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas
Análisis de estabilidad de talud	Correlación de Pearson	1	,582*
	Sig. (bilateral)		,014
	N	17	17
Muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas	Correlación de Pearson	,582*	1
	Sig. (bilateral)	,014	
	N	17	17

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

De acuerdo a la tabla 23, se puede observar que el grado de correlación de Pearson tiene un valor de  $r = 0,582$  entre la variable de estudio análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas, entonces se interpreta que se ubica en una correlación positiva media o moderada, de esta manera demostrando la relación estadísticamente del análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021, la correlación fue positiva con un nivel de confianza al 95%.

**Prueba de hipótesis:**

**Ha:** Si existe una relación de manera significativa entre: Análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas en dónde.  $H_a: P_{xy} \neq 0$ .

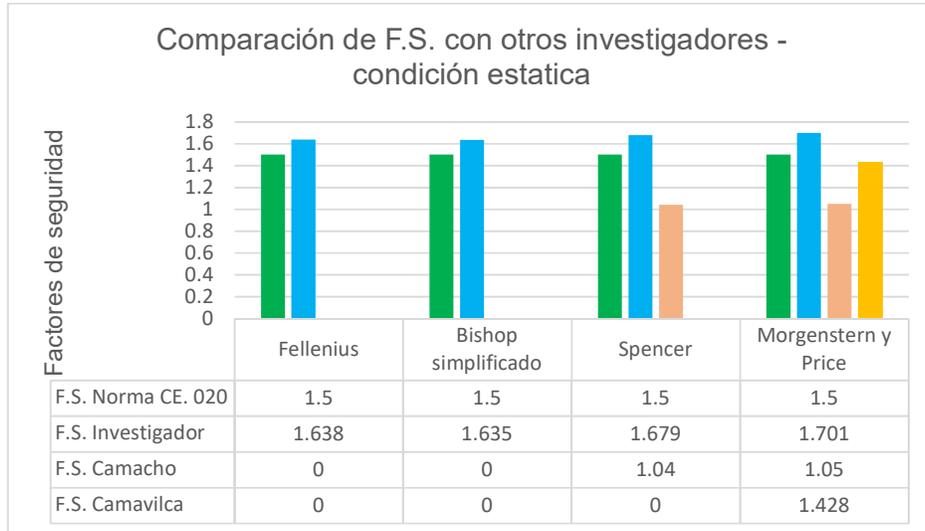
**Ho:** No existe una relación de manera significativa entre: Análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas en dónde.  $H_o: P_{xy} = 0$ .

Entonces nuevamente según la tabla 23, podemos observar que el coeficiente de correlación y cuyo valor de acuerdo a Pearson fue  $r = 0,582$ , y se interpreta que es una correlación positiva media, entonces la correlación entre la variable de estudio: Análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas tiene una correlación positiva media, por lo tanto la correlación de  $r$  de Pearson es significativa en términos estadísticos con un nivel de confianza al 95%. El valor de significancia calculado  $p = 0,014$  está por debajo del valor de significancia permitido que es igual a 0,05, entonces se interpreta que se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_o$ ). Con lo se afirma que existe relación estadística entre: Análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas.

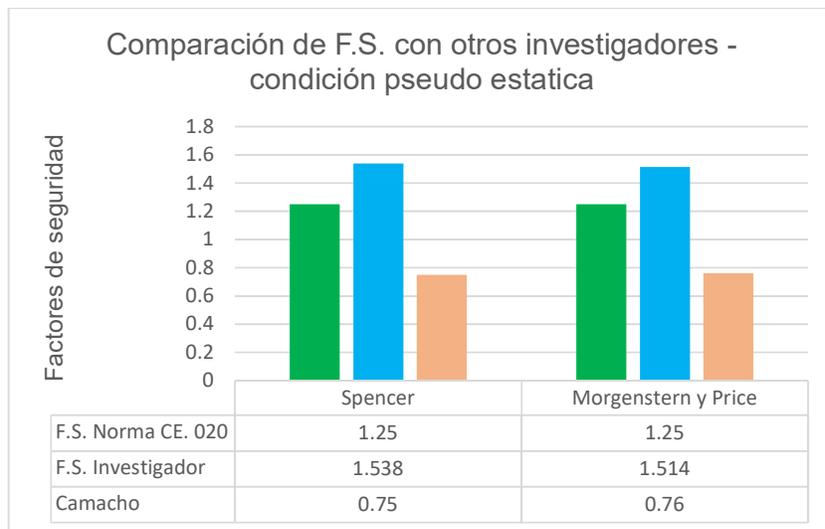
## V DISCUSIÓN

Discusión 1: En esta investigación se determinó que los valores de los factores de seguridad del talud incorporando la técnica combinada de muro de gaviones y banquetas bajo condiciones estáticas en las 17 secciones de talud analizadas dieron valores mayores a 1.50, los valores promedio de las secciones analizadas fueron 1.638, 1.635, 1.679 y 1.701 dichos valores fueron analizados por los métodos de equilibrio de fuerzas y momentos, en cuanto al análisis del factor de seguridad bajo condiciones pseudo estáticas dieron valores mayores a 1.25 y estos valores promedio son: 1.538 y 1.514 de las 17 secciones del talud de investigación, en donde se puede mencionar que la evaluación de los factores de seguridad añadiendo la técnica planteada si satisface las necesidad mínimas aceptables que pide la norma CE. 020 del reglamento. Con lo que no concuerdo con la investigación de Camacho (2021), en donde determina que los factores de seguridad incorporando la técnica de estabilización con muro de gravedad (gaviones) obtuvo los valores de 1.04, 1.05 y 1.05 en donde indica que no satisface las condiciones de estabilidad bajo condiciones de análisis estática a la vez realizo la evaluación de la estabilidad del talud con condiciones pseudo estáticas o condiciones sísmicas en donde obtuvo valores de 0.75 y 0.76 lo cual confirma que la técnica de incorporar un muro de gravedad no satisface las condiciones de estabilidad de un talud. La razón de la discrepancia es porque en la presente investigación se plantea una combinación de estructuras estabilizadores como son los muros de gaviones y banquetas logrando aumentar el valor del factor de seguridad del talud, en cambio la investigación de la autora mencionada solo plantea un muro de gravedad (gaviones) lo cual no ha resultado mayores valores de un factor de seguridad. Por otro lado, se concuerda con la investigación de Camavilca (2019), en donde indica que al plantear una muralla de gaviones el factor de seguridad incrementó a 1.428 que inicialmente el talud sin la muralla de gaviones presentaba un valor de factor de seguridad de 0.813 dicho análisis es bajo condiciones estática y que fue calculado empleando el método de Morgenstern y Price; según el análisis de las dos investigaciones se puede notar que el factor de seguridad planteando una sola estructura estabilizadora no logra satisfacer las condiciones de estabilidad que plantea la norma CE. 020, es por tal motivo que en la presente investigación se ha

optado proponer la combinación de dos técnicas de estructuras estabilizadores para lograr factores de seguridad que satisfagan las necesidades mínimas aceptables de la norma peruana.

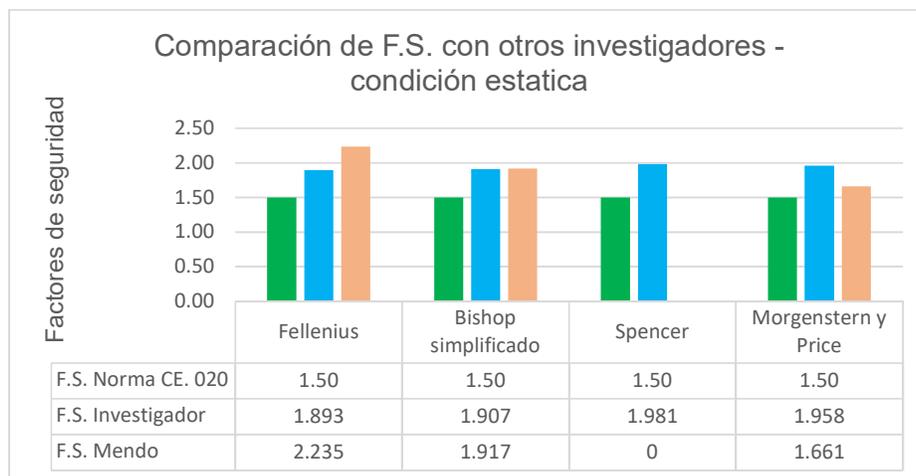


**Figura 48.** Comparación de F.S. con otros investigadores con la técnica combinada de muros de gaviones y banquetas – bajo condición estática

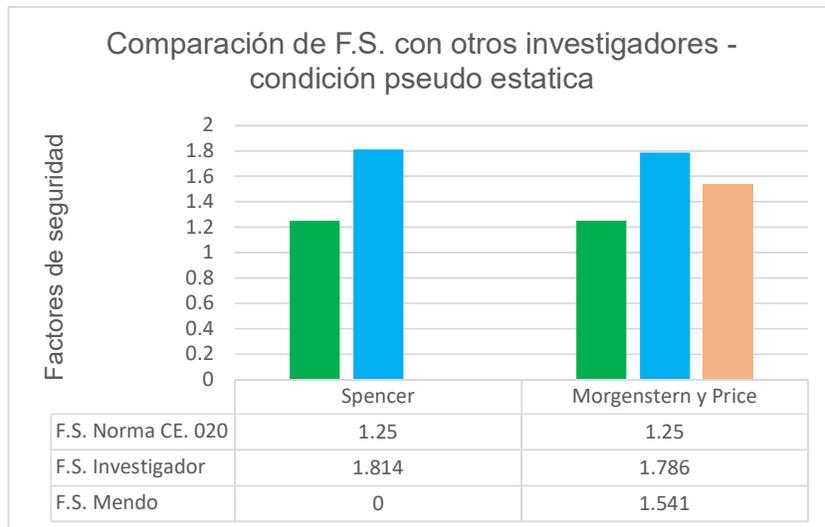


**Figura 49.** Comparación de F.S. con otros investigadores con la técnica combinada de muros de gaviones y banquetas – bajo condición pseudo estática

Discusión 2: Así mismo para el objetivo específico 2 se ha determinado valores de factores de seguridad incorporando las técnicas estabilizadoras combinadas con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas, para lo cual se ha obtenido valores promedio de los factores de seguridad que son los siguientes 1.893, 1.907, 1.981 y 1.958 dichos resultados fueron obtenidos por los métodos de Fellenius, Bishop simplificado, Spencer y Morgenstern – Price analizados bajo condiciones estáticas y a la vez se hizo la verificación de los factores de seguridad bajo la condición pseudo estática o condición sísmica en donde se obtuvieron los valores promedio de 1.814 y 1.786, en ambos casos de análisis los anclajes de la malla metálica están evaluados para un espaciamiento de anclaje de 1.50m x 1.50m, anclados a una profundidad de 10m de la superficie del terreno de la pendiente, por lo tanto concuerdo con la investigación de Mendo (2018), en donde propone una solución de estabilización con clavos anclados a espaciamientos de 1.0m x 1.0m, 1.50m x 1.50m y 2.0m x 2.0m para lo cual seleccionamos los valores del espaciamiento de anclajes planteadas en esta investigación las cuales fueron de un espaciamiento de 1.50m x 1.50m en donde obtuvo los valores de factores de seguridad para un análisis estático de 2.235, 1.917 y 1.661 para los métodos de Fellenius, Bishop simplificado y GLE, y para el análisis pseudo estático se tuvo valores de 1.541 para el método de GLE de los resultados obtenidos de dicha investigación indican que son factibles y que cumplen con la solicitud mínima de la norma peruana.



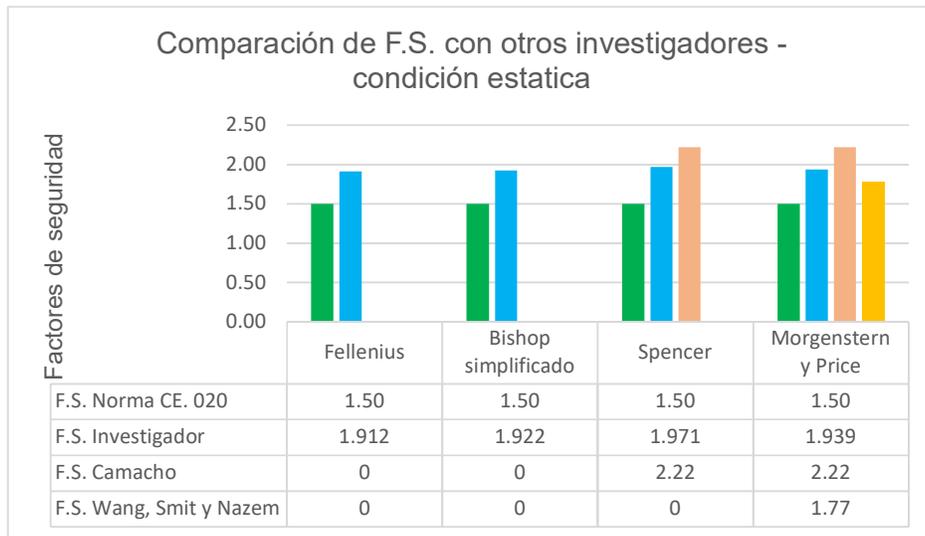
**Figura 50.** Comparación de F.S. con otro investigador con la técnica combinada de muros de gaviones con mallas metálicas ancladas – bajo condición estática



*Figura 51.* Comparación de F.S. con otro investigador con la técnica combinada de muros de gaviones con mallas metálicas ancladas – bajo condición pseudo estática

Discusión 3: Así mismo en la presente investigación se ha determinado los valores de factores de seguridad para la técnica de estabilización combinada de muro de contención con contrafuerte y malla metálica anclada en donde se obtuvo valores promedio de 1.912, 1.922, 1.971 y 1.939 para análisis en condición estática y a la vez se obtuvo valores promedio de 1.798 y 1.807 para análisis en condición pseudo estática, dichos valores son mayores a los que establece la norma peruana CE. 020 como valor mínimo de estabilidad de un talud, por lo tanto, concuerdo con la investigación de Camacho (2021) que plantea un sistema integrado de muro de contención y anclajes de geo sintéticos que es una técnica de estabilización que satisface las condiciones de la norma peruana y que los valores obtenidos por la investigadora fueron de 2.22, 2.22 y 2.22 estos valores fueron obtenidos por los métodos de Spencer, Morgenstern – Price y Janbu generalizado en condiciones de estado estático, y los valores para condiciones pseudoestaticos fueron de 1.00, 1.06 y 1.25 obtenido por los métodos mencionados, es así que la combinación de estructuras estabilizadores con muros de contención y anclaje de geo sinteticos es una solución técnicamente admisible para la estabilidad de taludes de gran altura. Así mismo concuerdo con los investigadores Wang, Smit y Nazem (2021), que indican que un sistema integrado que combina muro de contención y geomalla anclada el factor de seguridad aumenta en la proporción de un 70.2% con respecto

a una sola estructura de contención, es así que en su artículo de investigación analizaron un talud sin refuerzo en donde obtuvieron un valor de factor de seguridad de 1.04 y cuando emplearon el sistema integrado de estructuras de contención el terraplén de la carretera se estabiliza y el factor de seguridad aumenta a 1.77, por lo tanto se puede demostrar que el efecto de un sistema integrado de estabilización mejora las condiciones de inestabilidad y controla los deslizamientos de masas de tierra y piedras.



**Figura 52.** Comparación de F.S. con otros investigadores con la técnica combinada de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas – bajo condición estática.

## VI CONCLUSIONES

Conclusión 1: se concluye que la evaluación de análisis de estabilidad del talud los valores de los factores de seguridad calculado en estado natural de los taludes fueron de: 1.287, 1.283, 1.342 y 1.330; dichos valores promedios son resultados de un análisis bajo condición estática y los resultados bajo condición sísmica o pseudo estática fueron de 1.200 y 1.201, dichos valores de factor de seguridad son menores a los mínimos aceptables según la norma peruana CE. 020 en donde indica valores de 1.50 y 1.25 para condición de análisis estática y pseudo estática respectivamente. En conclusión, el tramo del talud en investigación es inestable y susceptible a fallas por derrumbes y deslizamiento de masas de tierra y piedras.

Conclusión 2: Con la propuesta de técnicas de estabilización incorporando la combinación de estructuras de muros de gaviones y banquetas se obtuvieron los valores promedio de los factores de seguridad que fueron de: 1.638, 1.635, 1.679 y 1.701; dichos valores son los resultados de un análisis bajo condición estática y los resultados promedio bajo condiciones sísmicas fueron de: 1.538 y 1.514, por lo tanto se concluye que dichos valores son mayores a los valores de la condición de verificación según la norma peruana CE. 020. Entonces podemos decir que el tramo del talud en investigación se logró estabilizar con la técnica planteada con un 26.85 % y a la vez existe relación positiva estadísticamente.

Conclusión 3: Con la propuesta de técnicas de estabilización incorporando la combinación de estructuras de muros de gaviones y mallas metálicas ancladas se obtuvieron los valores promedio de los factores de seguridad que fueron de: 1.893, 1.907, 1.981 y 1.958; dichos valores son los resultados de un análisis bajo condición estática y los resultados promedio bajo condiciones sísmicas fueron de: 1.814 y 1.786, por lo tanto se concluye que dichos valores son mayores a los valores de la condición de verificación según la norma peruana CE. 020. Entonces podemos decir que el tramo del talud en investigación se logró estabilizar con la técnica planteada con un 47.59 % y también existe correlación positiva estadísticamente.

Conclusión 4: Con la propuesta de técnicas de estabilización incorporando la combinación de estructuras de muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas se obtuvieron los valores promedio de los factores de seguridad que fueron de: 1.912, 1.922, 1.971 y 1.939; dichos valores son los resultados de un análisis bajo condición estática y los resultados promedio bajo condiciones sísmicas o pseudo-estáticas fueron de: 1.798 y 1.807, por lo tanto se concluye que dichos valores son mayores a los valores de la condición de verificación según la norma peruana CE. 020. Entonces podemos decir que el tramo del talud en investigación se logró estabilizar con la técnica planteada con un 47.67 % y se demuestra que el efecto del sistema integrado de estabilización mejora las condiciones de inestabilidad y controla los deslizamientos de las masas de tierra y piedras a la vez se ha probado estadísticamente que existe una correlación positiva optima entre la variable independiente y el método planteado para mejorar la estabilidad del talud.

## **VII RECOMENDACIONES**

Recomendación 1: Se recomienda realizar investigaciones para taludes de gran altura utilizando un vehículo aéreo para la determinación de la superficie del terreno con mayor rango de precisión y a la vez se puede detectar las posibles grietas que puedan presentarse en la parte superior del talud en donde se puede detectar el peligro inminente de deslizamientos.

Recomendación 2: Se recomienda tomar en cuenta la propuesta de técnicas de estabilización combinada entre estructuras de muro de gaviones y banquetas en pendientes del talud moderada que son menores a  $45^\circ$  de inclinación, a la vez se recomienda investigar esta técnica en suelos cohesivos.

Recomendación 3: se recomienda tomar en cuenta la propuesta de técnicas de estabilización combinada entre estructuras de muro de gaviones y malla metálica anclada a un espaciamiento de 1.50m x 1.50m y una profundidad de 10m en superficies empinadas con pendientes del talud mayores a  $60^\circ$  de inclinación, a la vez se recomienda investigar utilizando otros métodos de cálculo de estabilidad de talud empleando la combinación de la técnica planteada.

Recomendación 4: Se recomienda tomar en cuenta la propuesta de técnicas de estabilización combinada entre estructuras de muro de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas a un espaciamiento de 1.50m x 1.50m y una profundidad de anclaje de 10m en superficies empinadas con pendiente de talud mayor a  $60^\circ$  de inclinación, porque esta técnica es un sistema integrado de estabilización que mejora las condiciones de inestabilidad y controla los deslizamientos de las masas de tierra y piedras, a la vez se recomienda investigar utilizando otros métodos de cálculo de estabilidad de talud para diferentes tipos de suelo.

## REFERENCIAS

- [1] WANG, Y., SMITH, J. y NAZEM, M. Optimización de un sistema de estabilización de taludes que combina un muro de contención reforzado con geomalla con revestimiento de gaviones con pilotes empotrados. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2021, junio, 25(12). 4535 – 4551. DOI 10.1007/s12205-0.21-1300-6. (p. 4535-454). Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-021-1300-6>.
- [2] BAZAN INGA, A. Elmer. *Análisis del muro de contención para la estabilidad del talud en el tramo pasamayo Centro Poblado de Castillo-Huari Ancash 2020* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2020 [Consultado 06 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59877>.
- [3] CAMAVILCA JULCAMAYAN, Elvis. *Análisis de estabilidad de talud y propuesta de estabilización en el km 93 de la carretera central, distrito San Mateo – Huarochirí, Lima 2019* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2019 [Consultado 08 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40015>.
- [4] CAMACHO MACEDO, G. Milagro. *Determinación del factor de seguridad para comparar técnicas de estabilización de taludes utilizando GEO5 caso: parque El Milagro, Huaraz, Ancash, 2020* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2021 [Consultado 08 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60818>.
- [5] MENDO TAQUIRE, D. Antonio. *Análisis de estabilidad del talud del megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing - Jicamarca, lima 2018*. [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2018 [Consultado 10 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24266>.
- [6] HERNÁNDEZ CHAVERRA, A. Liliana y TAMAYO RUIZ Y. Alexandra (2019). *Análisis de estabilidad del talud y obras de contención necesarias para el diseño y construcción de una vía de orden secundario en el municipio de Dabeiba – Antioquia*. [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cooperativa de

- Colombia, 2019 [Consultado 12 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/10699>.
- [7] GURRUCHAGA, R. D. y VISCARRA, A. F. Análisis de estabilidad de taludes mediante el empleo de elementos finitos: un caso de estudio en la Paz – Bolivia, *Investigación y Desarrollo*. 2020, vol. 20 No. 1, 99 – 111. ISSN 2518-4431. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312020000100008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100008&lng=pt&nrm=iso).
- [8] WANG, Y., SMITH, J. y NAZEM, M. Optimización de un sistema de estabilización de taludes que combina un muro de contención reforzado con geomalla con revestimiento de gaviones con pilotes empotrados. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2021, junio, 25(12). (p. 4535 – 4551). DOI 10.1007/s12205-0.21-1300-6. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-021-1300-6>.
- [9] Reglamento nacional de edificaciones, *Norma CE.020. 2018: Estabilización de suelos y taludes*. Megabyte s.a.c.
- [10] SUAREZ, Jaime. *Tomo I, Deslizamientos: Análisis geotécnico capítulo 3*. 2009. (p. 77).
- [11] SUAREZ, Jaime. *Tomo I, Deslizamientos: Análisis geotécnico capítulo 3*. 2009. (p. 76).
- [12] SUAREZ, Jaime. *Tomo I, Deslizamientos: Análisis geotécnico capítulo 3*. 2009. (p. 130).
- [13] VALIENTE SANZ Ricardo, SOCRATES MARTÍ S. y DÍAZ ORREGO A. Estabilidad de taludes: conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Revista Civilizate*. 2015, n° 7, 50 - 54. (p. 53). Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf>.
- [14] VALIENTE SANZ Ricardo, SOCRATES MARTÍ S. y DÍAZ ORREGO A. Estabilidad de taludes: conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Revista Civilizate*. 2015, n° 7, 50 - 54. (p. 54). Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf>.
- [15] HERNANDO, T., BERNAL, I., CONDORI, C., ORDAZ, M., ZEBALLOS, A. y ISHIWA O. *Instituto geofísico del Perú: Re-evaluación del peligro sísmico*

- probabilístico para el Perú* [en línea]. Lima Perú, 2014, [consultado 20 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/783>.
- [16] HERNANDO, T., BERNAL, I., CONDORI, C., ORDAZ, M., ZEBALLOS, A. y ISHIWA O. *Instituto geofísico del Perú: Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú* [en línea]. Lima Perú, 2014, [consultado 20 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/783>.
- [17] HUASCUPE CALLATA, Mario. *Estabilidad de taludes naturales empleando métodos convencionales, sector Llavini, Puno 2021* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2021 [Consultado 10 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72227>.
- [18] HUASCUPE CALLATA, Mario. *Estabilidad de taludes naturales empleando métodos convencionales, sector Llavini, Puno 2021* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2021 [Consultado 10 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72227>.
- [19] MARTINEZ CURI, Aracely A. *Estabilidad de taludes con muros de contención en la ampliación virgen de Lourdes zona 4, villa maría del triunfo, lima 2018* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2018 [Consultado 10 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/browse?type=author&value=Martinez%20Curi,%20Aracely%20Anai>.
- [20] MARTINEZ CURI, Aracely A. *Estabilidad de taludes con muros de contención en la ampliación virgen de Lourdes zona 4, villa maría del triunfo, lima 2018* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo, 2018 [Consultado 10 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/browse?type=author&value=Martinez%20Curi,%20Aracely%20Anai>.
- [21] SALINAS, L. M., CAMPOS, J., y GUARDIA G. *Fundamento de mecánica de suelos capítulo 6*. (p. 416).
- [22] SALINAS, L. M., CAMPOS, J., y GUARDIA G. *Fundamento de mecánica de suelos capítulo 6*. (p. 417)
- [23] EGOAVIL PEREA, Hugo. *Muros de contención en gaviones*. Maccaferri américa latina. [Fecha de consulta 22 febrero 2022]. Disponible en: [www.maccaferri.com.pe](http://www.maccaferri.com.pe).

- [24] EGOAVIL PEREA, Hugo. *Muros de contención en gaviones*. Maccaferri américa latina. [Fecha de consulta 22 febrero 2022]. Disponible en: [www.maccaferri.com.pe](http://www.maccaferri.com.pe).
- [25] CASTRO FRESCO, Daniel. *Estudio de análisis de las membranas flexibles como elemento de soporte para la estabilización de taludes y laderas de suelos y/o materiales sueltos* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria, 2000 [Consultado 10 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10712/TesisDCF.pdf?sequence=2.txt>.
- [26] CASTRO FRESCO, Daniel. *Estudio de análisis de las membranas flexibles como elemento de soporte para la estabilización de taludes y laderas de suelos y/o materiales sueltos* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria, 2000 [Consultado 10 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10712/TesisDCF.pdf?sequence=2.txt>.
- [27] GONZALES DE VALLEJO, L. I., FERRER GIJON, M., ORTUÑO A. y OTEO M. *Ingeniería Geológica* [en línea]. Person educación s.a. España, 2002 [Consultado 10 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10712/TesisDCF.pdf?sequence=2.txt>.
- [28] ÑAUPAS PAITÁN, Humberto, VALDIVIA DUEÑAS, M Raúl, PALACIOS VILELA, J. Josefa y ROMERO DELGADO, H. Eusebio. *Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis*. 5a. Edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. (p. 136).
- [29] ÑAUPAS PAITÁN, Humberto, VALDIVIA DUEÑAS, M Raúl, PALACIOS VILELA, J. Josefa y ROMERO DELGADO, H. Eusebio. *Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis*. 5a. Edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. (p. 140).
- [30] HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. sexta edición. McGraw-Hill, interamericana editores s.a., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0. (p. 154). Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp->

[content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf).

- [31] HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. sexta edición. McGraw-Hill, interamericana editores s.a., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0. (p. 154). Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>.
- [32] ÑAUPAS PAITÁN, Humberto, VALDIVIA DUEÑAS, M Raúl, PALACIOS VILELA, J. Josefa y ROMERO DELGADO, H. Eusebio. *Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis*. 5a. Edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2018.
- [33] ARIAS ODÓN, Fidias Gerardo. *El proyecto de investigación introducción a la metodología científica*. 6a. Edición, Venezuela, editorial episteme, C.A., 2012. ISBN: 980-07-8529-9. (p. 58).
- [34] ARIAS ODÓN, Fidias Gerardo. *El proyecto de investigación introducción a la metodología científica*. 6a. Edición, Venezuela, editorial episteme, C.A., 2012. ISBN: 980-07-8529-9. (p. 58).
- [35] CONDORI OJEDA, Porfirio. *Universo, población y muestra*. 2020: (p. 3). Disponible en: <https://www.aacademica.org/cporfirio/18>.
- [36] CONDORI OJEDA, Porfirio. *Universo, población y muestra*. 2020: (p. 3). Disponible en: <https://www.aacademica.org/cporfirio/18>.
- [37] CONDORI OJEDA, Porfirio. *Universo, población y muestra*. 2020: (p. 3). Disponible en: <https://www.aacademica.org/cporfirio/18>.
- [38] ÑAUPAS PAITÁN, Humberto, VALDIVIA DUEÑAS, M Raúl, PALACIOS VILELA, J. Josefa y ROMERO DELGADO, H. Eusebio. *Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis*. 5a. Edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. (p. 134).
- [39] GARCÍA PEREYRA, Rutilio. *Métodos de elaboración de proyectos de investigación*. Primera edición, Juárez - México: Dirección general de difusión cultural y divulgación científica, 2012. ISBN: 978-607-9224-08-0. (p. 76). Disponible en:

<http://www3.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/Documents/mayo%202012/Metodos%20de%20elaboracion%CC%81n.pdf>.

- [40] ARIAS ODÓN, Fidias Gerardo. *El proyecto de investigación introducción a la metodología científica*. 6a. Edición, Venezuela, editorial episteme, C.A., 2012. ISBN: 980-07-8529-9. (p. 69).
- [41] HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. sexta edición. McGraw-Hill, interamericana editores s.a., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0. (p. 200). Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez.%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>.
- [42] HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. sexta edición. McGraw-Hill, interamericana editores s.a., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0. (p. 200). Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez.%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Título: Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021

Autor: Víctor Ramiro Casa Coila

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Variable 1 Análisis de estabilidad de talud	La teoría de Análisis de estabilidad de taludes es un proceso en el que se evalúan cuantitativamente la interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes versus las fuerzas desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre el talud (Norma CE.020, 2016 RNE)	Se obtendrá datos de campo como son de topografía de terreno del talud seleccionado y se tomarán datos de suelos de las calicatas, para posteriormente analizar la estabilidad o inestabilidad del talud en función a los parámetros de los indicadores.	Cohesión del Suelo	kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Angulo de fricción del suelo	(°)	Razón
			Peso específico del suelo	kg/m <sup>3</sup>	Razón
			Factor de seguridad estática del talud	condición estable: FS > 1.50	Razón
			Factor de seguridad pseudo-estática del talud	condición estable: FS > 1.25	Razón
Variable 2 Estructuras estabilizadores	tienen como principal función la de proporcionar soporte lateral permanente al terreno, que dependiendo el propósito de la construcción puede tratarse de terreno natural o de rellenos artificiales. El efecto de un sistema integrado de estructuras mejora las condiciones de inestabilidad (Salinas, p. 415)	Se buscará demostrar las técnicas de estructuras estabilizadores más eficientes para controlar la inestabilidad de los taludes y solucionar el problema de los deslizamientos de las masas de tierra y piedras, para lo cual se analizará la estabilidad del talud añadiendo las estructuras estabilizadores.	Muros de gaviones y banquetas	condición estable: FS > a 1.50 y 1.25	Razón
			Muros de gaviones y mallas metálicas ancladas	condición estable: FS > a 1.50 y 1.25	Razón
			Muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas	condición estable: FS > a 1.50 y 1.25	Razón

## Anexo 2. Matriz de consistencia

**Título: Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021**

**Autor: Victor Ramiro Casa Coila**

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>Variable 1 Análisis de estabilidad de talud</b>	Cohesión del Suelo	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo de corte directo	Tipo de investigación aplicada  Enfoque de investigación cuantitativo  El diseño de la investigación no experimental, transversal descriptivo y correlacional
¿De qué manera el Análisis de estabilidad de talud se relaciona con la propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021?	Demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con la propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021	El análisis de estabilidad de talud se relaciona con la propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021		Angulo de fricción del suelo	(°)	Ensayo de corte directo	
				Peso específico del suelo	kg/m <sup>3</sup>	Ensayo de densidades	
				Factor de seguridad estática del talud	condición estable: FS > 1.50	Norma CE. 020 del RNE, Verificación con el software SLIDE v. 6	
				Factor de seguridad pseudo-estática del talud	condición estable: FS > 1.25	Norma CE. 020 del RNE, Verificación con el software SLIDE v. 6	
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>	<b>Variable 2 Estructuras estabilizadores</b>	Muros de gaviones y banquetas	condición estable: FS > a 1.50 y 1.25	Condición de estabilidad según la Norma CE. 020 del RNE, Verificación con el software SLIDE v. 6 y SPSS.	El nivel de la investigación: descriptiva  Población: carretera de la hidroeléctrica con una longitud de 6.50 km.  Muestra: talud ubicado en la prog. 1+760 al 1+920  Muestreo: Talud representativo mas inestable
¿De qué manera el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y banquetas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021?	Demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y banquetas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021	El análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y banquetas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021		Muros de gaviones y mallas metálicas ancladas	condición estable: FS > a 1.50 y 1.25	Condición de estabilidad según la Norma CE. 020 del RNE, Verificación con el software SLIDE v. 6 y SPSS.	
¿De qué manera el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021?	Demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021	El análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de gaviones y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021		Muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas	condición estable: FS > a 1.50 y 1.25	Condición de estabilidad según la Norma CE. 020 del RNE, Verificación con el software SLIDE v. 6 y SPSS.	
¿De qué manera el análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021?	Demostrar la relación del análisis de estabilidad de talud con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021	El análisis de estabilidad de talud se relaciona con los muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021					

Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(ASTM D-424)**

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	12	22	8				
01. No.DE GOLPES	12	22	8				
02. TARRO No.	2	3	4		2S	4T	
03. SUELO HUMEDO * TARRO g							
04. SUELO SECO * TARRO g							
05. PESO DEL AGUA g							
06. PESO DEL TARRO g							
07. PESO DEL SUELO SECO g							
08. HUMEDAD %							
<b>L.L.=                      -    %                      L.P.=    0.00    %                      I.P.=    0.00    %</b>							

**GEOTECNIA SUCUNO E.I.R.L.**  
Ingeniería de Fundaciones, Obras de Infraestructura y Construcción

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

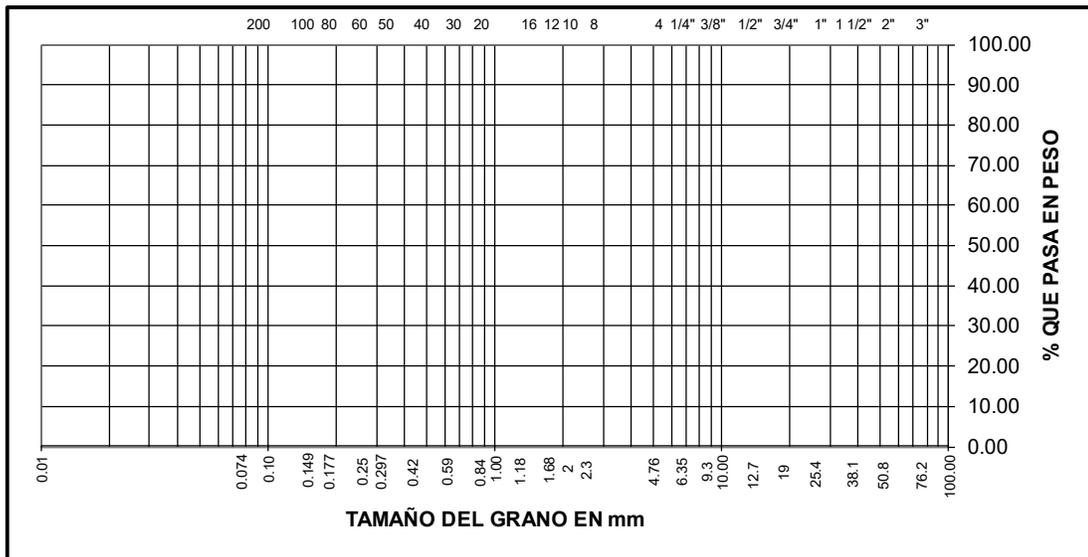
**Wilder Ramos Vilca**  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669

**Ing. Julio Cesar Chambi Pan**  
CIP N° 265269  
INGENIERO CIVIL

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa 100	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						<b>Peso inicial</b> : 0 Grs
2 1/2"	63.000						<b>Peso fracción</b> : 0 Grs
2"	50.000						<b>Grava</b> : 0.00 %
1 1/2"	37.500						<b>Arena</b> : 0.00 %
1"	25.000						<b>Fino</b> : 0.00 %
3/4"	19.000						<b>W natural</b> : 25.00 %
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
No.04	4.750						<b>L.L.</b> : 0.00 %
No.10	2.000						<b>L.P.</b> : 0.00 %
No.20	0.840						<b>I.P.</b> : 0.00 %
No.40	0.425						
No.100	0.150						<b>CLASIFICACION</b>
No.200	0.075						<b>SUCS</b> : <b>SC - SM</b>
<No.200							<b>AASHTO</b> : <b>A-1-b(0)</b>

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



**GEOTECNIA S.A. S.R.L.**  
Ingeniería de Fundaciones, Geotecnia, Construcción y Mantenimiento

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

 **Wilder Ramos Vilca**  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669

 **Ing. Julio Cesar Chambi Pan**  
CIP N° 265269  
INGENIERO CIVIL

## DENSIDAD DEL SUELO IN SITU

1	CALICATA 1	P - 01	P - 02			
2	Profundidad					
3	Lado					
4	Peso del Material + bolsa Gr.					
5	Peso de la bolsa Gr.					
6	Peso material neto Gr.					
7	Peso de la arena + frasco Gr.					
8	Peso de la arena que queda Gr.					
9	Peso de la arena en el embudo Gr.					
10	Peso de la arena en el hueco Gr.					
11	Densidad de la arena					
12	Volumen del hueco Cm3					
13	Peso de la Grava secada al aire Gr.					
14	Volumen de la Grava desplazada Cm3					
15	Peso neto del suelo Gr.					
16	Volumen del suelo cm3					
17	Densidad húmeda Gr./cm3					
18	% de la humedad contenida					
19	Densidad seca Gr./cm3					
<b>CONTROL DE HUMEDAD</b>						
23	Recipiente N°	C - 1	C - 2			
24	Suelo húmedo + recipiente Gr.					
25	Suelo seco + recipiente Gr.					
26	Peso de agua Gr.					
27	Peso del recipiente Gr.					
28	Suelo seco Gr.					
29	% de Humedad					
30	Promedio de Humedad (%)					

  
**GEOTECNIA SINGO E.I.R.L.**  
 Ingeniería de Edificación, Estudios Geotécnicos y Construcción  
**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 81732

  
  
**Wilder Ramos Vilca**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212609

  
  
**Ing. Julio Cesar Chambi Pari**  
 CIP N° 265269  
 INGENIERO CIVIL

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

Estado de la muestra	:	Inalterada
Veloc. Ensayo (mm/min)	:	0.5
Clasificación SUCS	:	SC - SM

ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
0.50 kg/cm <sup>2</sup>				1.00 kg/cm <sup>2</sup>				2.00 kg/cm <sup>2</sup>			
Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00				0.00				0.00			
0.10				0.10				0.10			
0.20				0.20				0.20			
0.30				0.30				0.30			
0.40				0.40				0.40			
0.60				0.60				0.60			
0.80				0.80				0.80			
1.00				1.00				1.00			
1.25				1.25				1.25			
1.50				1.50				1.50			
1.75				1.75				1.75			
2.00				2.00				2.00			
2.25				2.25				2.25			
2.50				2.50				2.50			
2.75				2.75				2.75			
3.00				3.00				3.00			
3.50				3.50				3.50			
4.00				4.00				4.00			
4.50				4.50				4.50			
5.00				5.00				5.00			
5.50				5.50				5.50			
6.00				6.00				6.00			
6.50				6.50				6.50			

  
**GEOTECNIA SINO EIRL.**  
 Ingeniería de Fundaciones, Asesorías, Inspecciones y Construcción  


---

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 81732

  
  
**Wilder Ramos Vilca**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212609

  
  
**Ing. Julio Cesar Chambi Pan**  
 CIP N° 265269  
 INGENIERO CIVIL

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

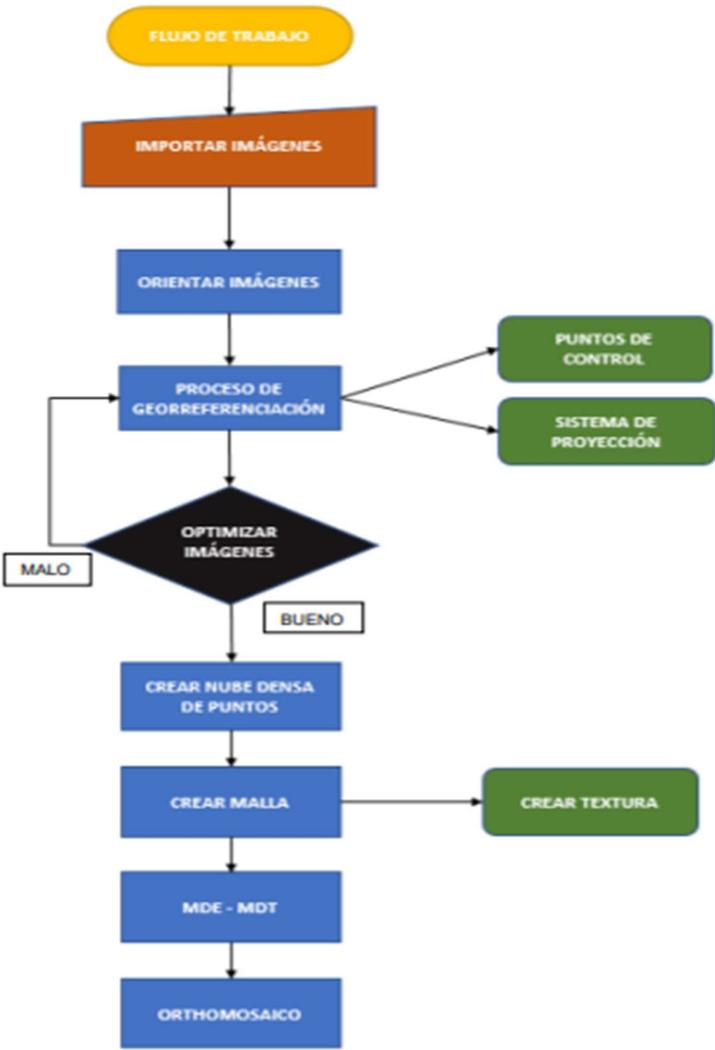
PROF. (m)	SIMBOLO GIA	W NAT (%)	LL(%)	IP(%)	SUCS	DESCRIPCION
0.10						
0.20						
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						SC - SM
0.80						Arenas arcillosas, mezclas arena arcilla
0.90						Arenas limosas de arena y limo
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						

**GEOTECNIA Y SUELO EIRL.**  
 Ingeniería de Fundaciones, Geotecnia y Construcción  
**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP: 81732

**Wilder Ramos Vilca**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212609

**Ing. Julio Cesar Chambi Pari**  
 CIP N° 265269  
 INGENIERO CIVIL

Instrumento de recolección de datos de topografía con drone.



*Geoson Estino Eirl.*  
Ingeniería de Edificación, Geodésica, Topografía y Urbanización  
*Alfredo Alarcón Atahuachi*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

*Wilder Ramos Vilca*  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212609

*Ing. Julio Cesar Chambi Pari*  
CIP N° 265269  
INGENIERO CIVIL

#### Anexo 4. Validez

Respecto a la validación del proyecto de investigación de tesis "Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021". Luego de revisar la metodología de desarrollo, los procedimientos, los cálculos de los factores de seguridad y las propuestas técnicas combinadas de estructuras estabilizadores se procede a valorar la validación del desarrollo de la investigación:

Criterios de Validación	Deficiente 00 - 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
Antecedente formuladas					98 %
Problemas formulados					94 %
Objetivos formulados					95 %
Hipótesis formuladas					96 %
Confiableidad de Instrumentos					98 %
Confiableidad de datos obtenidos					93 %
Validación de Resultados					96 %
Contrastación de hipótesis					98 %
Discute con otras investigaciones					96 %
Concluye en base a la investigación					96 %
La investigación contribuye a la ciencia					95 %
<b>Promedio de % de validez</b>	<b>96 %</b>				

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

Respecto a la validación del proyecto de investigación de tesis "Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021". Luego de revisar la metodología de desarrollo, los procedimientos, los cálculos de los factores de seguridad y las propuestas técnicas combinadas de estructuras estabilizadores se procede a valorar la validación del desarrollo de la investigación:

Criterios de Validación	Deficiente 00 - 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
Antecedente formuladas					99 %
Problemas formulados					97 %
Objetivos formulados					95 %
Hipótesis formuladas					96 %
Confiabilidad de Instrumentos					97 %
Confiabilidad de datos obtenidos					95 %
Validación de Resultados					96 %
Contrastación de hipótesis					98 %
Discute con otras investigaciones					98 %
Concluye en base a la investigación					97 %
La investigación contribuye a la ciencia					96 %
<b>Promedio de % de validez</b>	<b>97 %</b>				

**Wilder Ramos Vilca**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

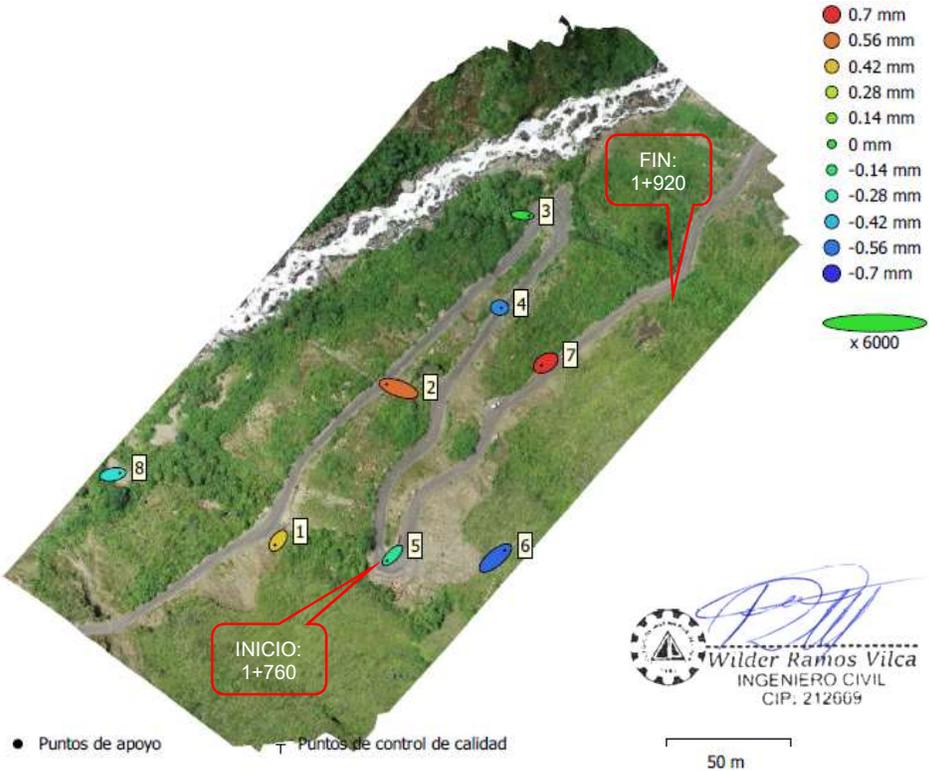
Respecto a la validación del proyecto de investigación de tesis "Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021". Luego de revisar la metodología de desarrollo, los procedimientos, los cálculos de los factores de seguridad y las propuestas técnicas combinadas de estructuras estabilizadores se procede a valorar la validación del desarrollo de la investigación:

Crterios de Validación	Deficiente 00 - 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
Antecedente formuladas					98 %
Problemas formulados					97 %
Objetivos formulados					96 %
Hipótesis formuladas					96 %
Confiabilidad de Instrumentos					95 %
Confiabilidad de datos obtenidos					94 %
Validación de Resultados					95 %
Contrastación de hipótesis					98 %
Discute con otras investigaciones					96 %
Concluye en base a la investigación					95 %
La investigación contribuye a la ciencia					94 %
<b>Promedio de % de validez</b>	<b>96 %</b>				

  
 Ing. Julio Cesar Chambi Pani  
 CIP N° 265269  
**INGENIERO CIVIL**

Anexo 5. Mapas y Planos





LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
CURVAS DE NIVEL	
CARRETERA	
RIO	
VIVIENDAS	
CALICATAS	

Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 210669

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			
	PLANO: TOPOGRAFIA DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN TRAMO DE ESTUDIO DESDE LA: PROG. 1+760 AL 1+920			
DISEÑO:	REVISADO:	DIBUJO CAD:		
APROBADO:	Bach. Victor Casa C.		<b>T-01</b>	
ESCALA: 1/1000	DEPARTAMENTO: PUNO	PROVINCIA: CARABAYA		DISTRITO: SAN GABÁN
FECHA: MARZO 2022	LIBRACION: HIDROELÉCTRICA			

## Anexo 6. Panel fotográfico



Fotografía 01: Ubicación de la hidroeléctrica San Gabán.



Fotografía 02: Hidroeléctrica San Gabán y el poblado de valle Tupuri.



Fotografía 03: Deslizamiento de tierra y cierre de vía.



Fotografía 04: Mantenimiento de caídas de tierra y piedra.



Fotografía 05: Identificación de deslizamiento de materiales.



Fotografía 06: Identificación de taludes críticos.



Fotografía 07: Señalización de caídas de rocas.



Fotografía 08: Calicata nro. 01, cabecera de talud.



Fotografía 09: Calicata nro. 02 en la base de talud, encargado geotecnia.



Fotografía 10: Calicata nro. 03 en la base de talud.



Fotografía 11: Perfil del suelo, roca fracturada a 1.50m en promedio.



Fotografía 12: Calicata nro. 04 talud abajo.



Fotografía 13: Talud con riesgo de deslizamiento.



Fotografía 14: Planeamiento de vuelo con dron levantamiento de topografía.



Fotografía 15: Planeamiento de vuelo con dron levantamiento de topografía.



Fotografía 16: inicio de vuelo de dron levantamiento de topografía.



Fotografía 17: Cuarteo de muestra en laboratorio geotecnia Puno E.I.R.L.



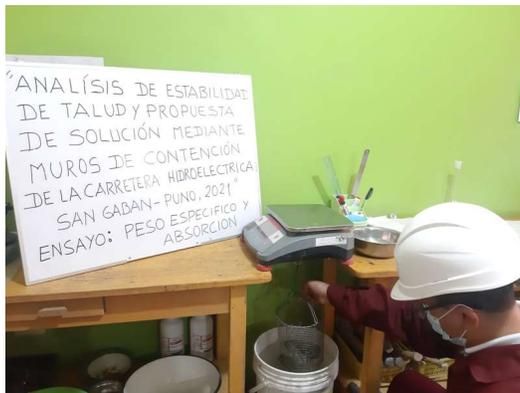
Fotografía 18: Ensayo de límites de consistencia de material fino.



Fotografía 19: Ensayo de corte directo de las muestras.



Fotografía 20: Lectura digital del equipo de corte directo.



Fotografía 21: Ensayo de peso específico y absorción.



Fotografía 22: Secado de la muestra en horno.



Fotografía 23: Preparado de las muestras para ensayo de límites.

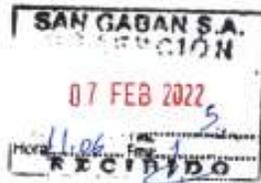


Fotografía 24: Ensayo de granulometría de las muestras.

Anexo 7. Solicitud y autorización por la empresa hidroeléctrica San Gabán S.A.

SOLICITUD: REALIZAR CALICATAS CON  
FINES DE INVESTIGACIÓN DE TESIS.

SEÑOR : ING. GUSTAVO GARNICA SALINAS.



Yo, VICTOR RAMIRO CASA COILA, Identificado con DNI N° 43176605, egresado de la UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ – SEDE PUNO; de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL, ante Ud. Me presento y digo.

Que deseando poder realizar 03 CALICATAS de 1.50m de profundidad por 1.00m de ancho, confines de **investigación de tesis**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo; mi título de tesis se denomina: **“Análisis de estabilidad de talud y propuesta de solución mediante muros de contención de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021”**, dichas calicatas me servirán para poder extraer muestras de Suelo con fines de determinar los parámetros del suelo como son; la clasificación del suelo, cohesión, ángulo de fricción del suelo y peso específico, dichos parámetros me servirán para hacer los cálculos de los factores de seguridad del talud y poder proponer un método de estabilización de talud, por cada calicata extraeré 50 kg de muestras de suelo. Es por tal razón que recorro ante usted **sr. Gerente General de la Empresa de generación eléctrica San Gabán S.A.** y que pueda acceder a mi petición para poder realizar las calicatas en la carretera ubicada en el acceso vehicular – casa de máquinas de Valle Tupuri, el talud seleccionado esta aproximadamente en la progresiva 1+000, las calicatas serán realizadas en el talud arriba, talud abajo y en la berma de la carretera, así mismo me comprometo una vez tomado las muestras volver a rellenar las calicatas con el mismo material compactándolo. también adjunto los datos de mi asesor de tesis Dr. Ing. Benites Zúñiga, José Luis (<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>).

A handwritten signature in blue ink, with the number '43176605' written below it. To the right of the signature is a circular grey stamp.

Así también mencionarle que durante la realización de las calicatas no interrumpiré el tránsito de los vehículos, no contaminaré el ambiente y no dañaré la carpeta de rodadura de la carretera.

De la misma forma indicarle que tuve coordinaciones de manera verbal con las autoridades del sector Valle Tupuri como es el presidente y secretario el Sr. Aldo Rosel Cayo, quienes tuvieron la buena voluntad de poder brindarme el apoyo necesario.

El día programado de la realización de las calicatas en una fecha aproximada será el día 09 de febrero del 2022.

Conocedor de su alto espíritu de apoyo, y no dudando de su gentil atención, ruego a Ud. Acceda mi solicitud, al mismo tiempo aprovecho la oportunidad para expresarle mis consideraciones más distinguidas.

Anexo:

- Copia de DNI.
- Esquema de muestreo de calicatas.
- Captura de pantalla de investigación que se viene realizando en la Universidad Cesar Vallejo.

De la misma forma adjunto mi número de teléfono de celular 986771182 y mi correo electrónico: [victorcasac@gmail.com](mailto:victorcasac@gmail.com). Con la finalidad de que me pueda comunicar con su representada.

Sin otro particular aprovecho la oportunidad para reiterarle las consideraciones más distinguidas.

Puno, 07 de febrero del 2022.



43176605



## EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SAN GABÁN S.A.

Sede Administrativa Av. Flori 245 - Bellavista - Puno, Telf.: (011) 368421  
Central Hidroeléctrica Km. 347 Carretera Arequipa-Puno S/A, Telf.: (011) 362136, (011) 362106  
Web Site: <http://www.sanjaban.com.pe> / E-mail: [sanjaban@generator.com.pe](mailto:sanjaban@generator.com.pe)

*Somos una empresa de la Corporación FOMAFE*

*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*

### EGESG N° 003- 2022 – JDDP

Puno, 09 de febrero de 2022

Señor  
Victor Ramiro Casa Coila  
[victorcasac@gmail.com](mailto:victorcasac@gmail.com)  
Puno.-

**Asunto :** Autorización de ejecución de estudios de mecánica de suelos con fines de investigación

**Referencia :** Solicitud

De mi especial consideración:

Por medio de la presente me dirijo a usted, en atención al documento de la referencia donde solicita la ejecución de calicatas (estudios de mecánica de suelos con fines de investigación), en acceso vehicular a la Casa de Máquinas y Cámara de Carga, como parte componente del Proyecto de Inversión Aprovechamiento de la Quebrada Tupun.

Al respecto, se autoriza la ejecución de los estudios de mecánica de suelos con fines de investigación en el acceso vehicular; debiendo elegir los espacios más adecuados que no dificulten el libre tránsito de vehículos; además de implementar las señales de seguridad, una vez culminada la extracción de muestras están deberán ser tapadas inmediatamente hasta lograr la compactación inicialmente encontrada.

Cabe indicar que una vez culminados las investigaciones sería muy provechoso que nos remitieran los resultados para tomar algunas acciones que concluya en vuestra investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para manifestarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

MEDINA SONCO Firmado  
Julio FAU digitalmente por  
20262221335 MEDINA SONCO  
hard Julio FAU  
20262221335 hard

---

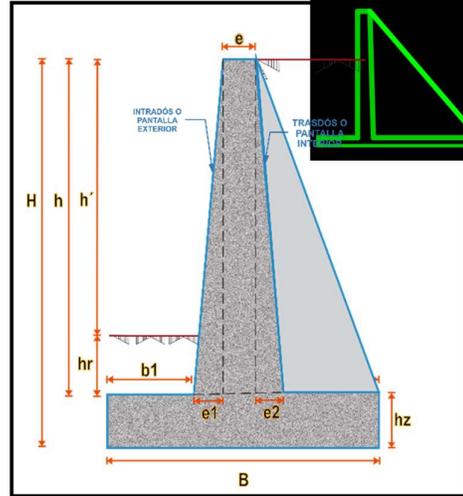
**Julio Medina Sonco**  
Jefe de Departamento de Desarrollo de Proyectos

Anexo 8. Hoja de cálculos

Diseño de muro de contención con contrafuerte

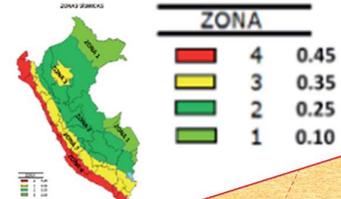
**DATOS GEOMÉTRICOS - PERFIL**

<b>h'</b> :	<b>6.00 m</b>		
<b>hr</b> :	<b>1.00 m</b>	≥ 0.60 m	≥ 0.60 m
<b>h</b> :	<b>7.00 m</b>	7.00 m	h' + hr
<b>ep</b> :	<b>0.40 m</b>	0.51 m	≥ 5+ν(Mu/φ*)
<b>hz</b> :	<b>0.50 m</b>	0.45 m	hz=ep+0.05
<b>H</b> :	<b>7.50 m</b>	7.50 m	h+hz
<b>B</b> :	<b>4.00 m</b>	3 a 5.25 m	0.4H a 0.7H
<b>e</b> :	<b>0.30 m</b>	0.31 m	H/24 > 0.20
<b>b1</b> :	<b>1.00 m</b>	1 a 1.33	B/4 a B/3
<b>b2</b> :	<b>2.60 m</b>	2.60 m	B-b1-ep
<b>e1</b> :	<b>0.00 m</b>	0.00 m	0.00 m
<b>e2</b> :	<b>0.10 m</b>	0.10 m	ep-e-e1
<b>Bverif.</b>	<b>4.00 m</b>		



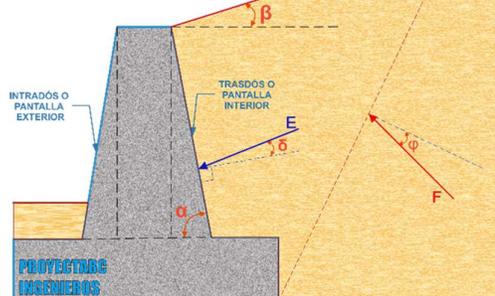
**DATOS DE ESTUDIOS DE SUELO Y SÍSMICO**

<b>φ</b> :	<b>25.7°</b>	Ángulo de fricción interna del suelo
<b>β</b> :	<b>47.0°</b>	Ángulo sobre la horizontal del talud del material
<b>δ</b> :	<b>25.7°</b>	Ángulo de fricción concreto - suelo
<b>α</b> :	<b>89.2°</b>	Ángulo sobre la horizontal del talud del material
<b>γ</b> :	<b>1840.0</b>	Peso específico del Suelo en kg/m <sup>3</sup>
<b>σadm</b> :	<b>2.0</b>	kg/cm <sup>2</sup>



<b>R</b> :	<b>R4=1/2</b>	<b>0.500</b>	Factor de Reducción
<b>Zh</b> :	<b>Zona 2</b>	<b>0.250</b>	Factor Z Horizontal
<b>Zv</b> :	<b>= 0.7h</b>	<b>0.000</b>	Factor Zv Vertical 2Z/3

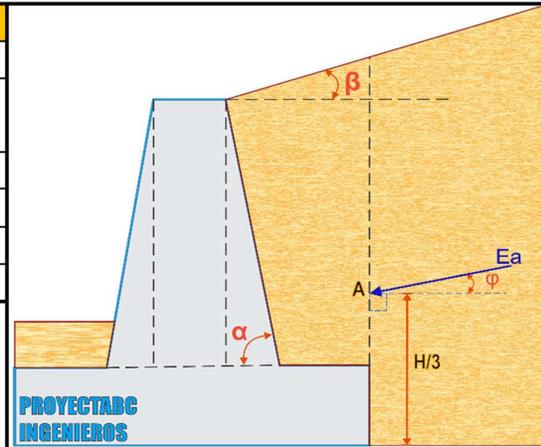
<b>f'c</b> :	<b>210.00</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>fy</b> :	<b>4200.00</b>	kg/cm <sup>2</sup>



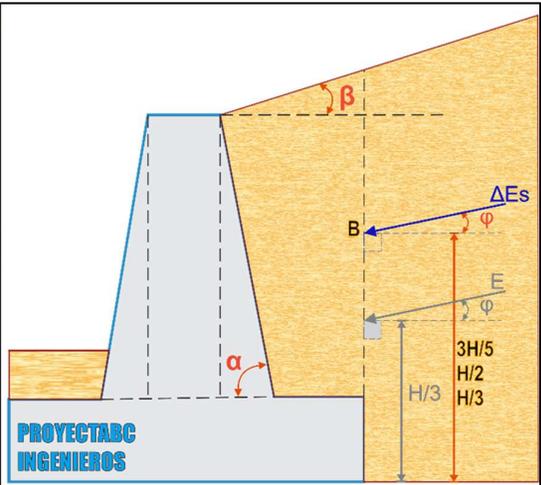
*Wilder Ramos Vilca*  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

# EMPUJES

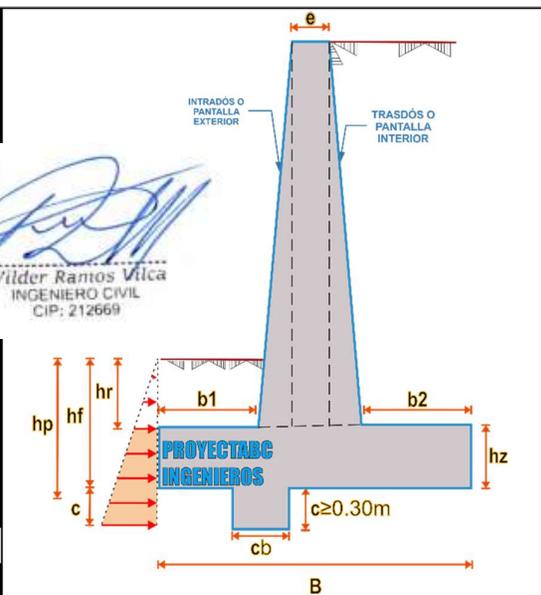
EMPUJE ACTIVO	
MÉTODO :	<b>COULOMB</b>
$\lambda_h$ :	<b>0.2732</b>
$\lambda_v$ :	<b>0.176</b>
$E_h = \gamma H^2 \lambda_h / 2$	<b>14136.568</b> kg/m
$E_v = \gamma H^2 \lambda_v / 2$	<b>9116.843</b> kg/m
$E = \sqrt{E_h^2 + E_v^2}$	<b>16821.396</b> kg/m
H/3 :	<b>2.50 m</b>



EMPUJE DE SISMO	
$A_{ch} = R \cdot Z_h$	<b>0.125</b>
$A_{cv} = R \cdot Z_v$	<b>0.000</b>
$1 + A_{cv}$ :	<b>1.000</b> $\Theta_{\text{mín}}: 7.1^\circ$
$1 - A_{cv}$ :	<b>1.000</b> $\Theta_{\text{máx}}: 7.1^\circ$
$\Theta_{\text{máx}}$	<b>7.1°</b>
$\beta_{\text{máx}} \leq \varphi - \Theta =$	<b>24.9°</b> Restricción
$\lambda$ :	<b>0.4159</b>
$E_s = \gamma H^2 \lambda (1 + A_{cv}) / 2$	<b>21522.456</b> kg/m
$\Delta E_s = E_s - E$	<b>4701.059</b> kg/m
$\Delta E_{sh}$ :	<b>3950.733</b> kg/m
$\Delta E_{sv}$ :	<b>2547.875</b> kg/m
<b>3H/5</b>	<b>4.50 m</b>



EMPUJE PASIVO	
MÉTODO :	<b>RANKINE</b>
$\varphi^*$ :	<b>30.0°</b>
$\gamma^*$ :	<b>1800.0</b>
$\lambda_h$ :	<b>3.000</b>
$\lambda_v$ :	<b>0.000</b>
TACON :	<b>NO USAR</b>
$c$ =	<b>0.30 m</b>
$ch$ =	<b>0.30 m</b>
$h_r$ =	<b>1.00 m</b>
$h_f = h_r + h_z$ =	<b>1.50 m</b>
$h_x = (h_f)^2 - (h_r)^2$	<b>1.25 m</b>
$E_h = \gamma^* h_x \lambda_h / 2$	<b>3375.000</b> kg/m
$E_v = \gamma^* h_x \lambda_v / 2$	<b>0.000</b> kg/m
$E = \sqrt{E_h^2 + E_v^2}$	<b>3375.000</b> kg/m
$h_p$ =	<b>1.27 m</b>



## COMPROBACIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEO Y DESLIZAMIENTO

### DATOS DE MATERIALES

γ concreto =	2400.00	kg/m <sup>3</sup>
μ :	0.58	
Empuje Pasivo:	USAR	
Carga en Corona	NO USAR	

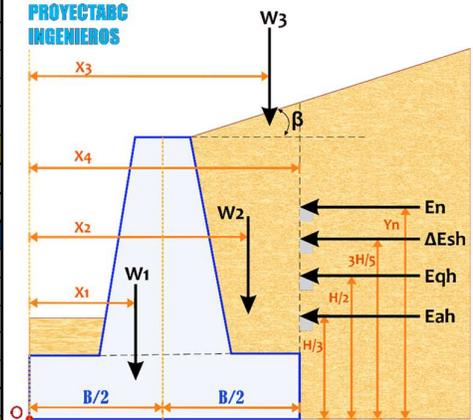
### SEGURIDAD AL VOLTEO

Mr : Momento resistente =	111479.76	Kg.m
Mv : Momentos actuantes de Volteo =	53119.7187	Kg.m
MOMENTO POR EMPUJE ACTIVO	35341.42	Kg.m
MOMENTO POR SISMO	17778.30	Kg.m
NINGUNO	0.00	Kg.m
NINGUNO	0.00	Kg.m
FSV : Factor de Seguridad al Volteo =	2.113	>2.00
CUMPLE		

### SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Σ P : Sumatoria de peso de Muro y relleno =	45994.59	Kg
Σ Ei : Sumatoria de los empujes horizontales =	18087.3011	Kg
EMPUJE HORIZONTAL ACTIVO	14136.57	Kg
EMPUJE HORIZONTAL POR SISMO	3950.73	Kg
NINGUNO	0.00	Kg
NINGUNO	0.00	Kg
FSD : Factor de Seguridad al Deslizamiento =	1.661	>1.50
CUMPLE		

PROYECTARC  
INGENIEROS



## TENSIONES SOBRE EL TERRENO

### DISTANCIAS Y FUERZAS DE CARGAS PERMANENTES

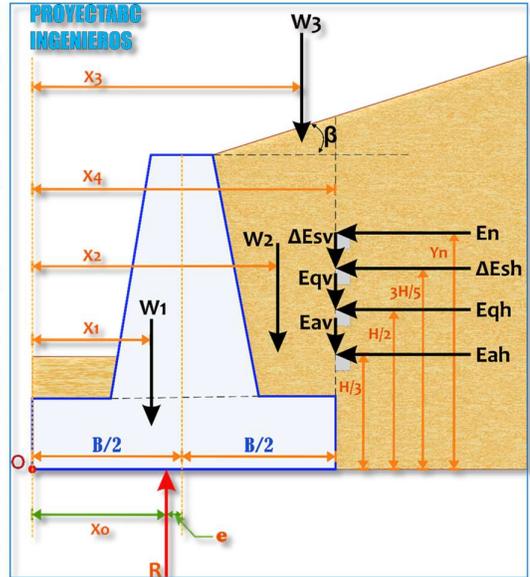
MOMENTO POR EMPUJE PASIVO			
MOMENTO POR EMPUJE PASIVO	USAR	FUERZA V	0.000
		MOMENTO	787.500

MOMENTO POR CARGA SOBRE LA CORONA			
MOMENTO POR CARGA SOBRE LA CORONA	NO USAR	FUERZA V	0.000
		MOMENTO	0.000

FUERZAS INTERVINIENTES			
<b>X1</b>	1.55 m	<b>W1</b>	10680.00 kg
<b>X2</b>	2.67 m	<b>W2</b>	34132.00 kg
<b>X3</b>	3.10 m	<b>W3</b>	1182.59 kg

MOMENTOS DEBIDO A EMPUJES A ESCOGER :			
MOMENTO POR EMPUJE ACTIVO	Horizontal	35341.42	
	Vertical	36467.37	
MOMENTO POR SISMO	Horizontal	17778.30	
	Vertical	10191.50	
NINGUNO	Horizontal	0.00	
	Vertical	0.00	
NINGUNO	Horizontal	0.00	
	Vertical	0.00	

PROYECTARC  
INGENIEROS



Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

## COMPROBACIÓN DE EXCENTRICIDAD Y TENSIONES SOBRE EL TERRENO

### VERIFICACIONES - CONDICIÓN DE SERVICIO

**SOPORTE DE FUNDACIÓN**      **EN SUELO**

#### FUERZAS INTERVINIENTES PARA LA EXCENTRICIDAD

$\sum Mr =$	<b>158926.132</b>	kg.m
$\sum Fv = R =$	<b>57659.307</b>	kg
$\sum Mv =$	<b>53119.719</b>	kg.m
<b>e =</b>	<b>0.165</b>	m

#### VERIFICACIÓN DE EXCENTRICIDAD

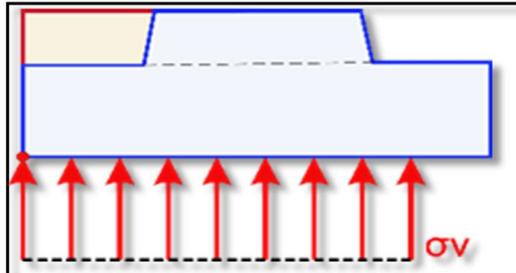
$e = B/2 - (\sum Mr - \sum Mv) / \sum Fv =$	<b>0.165</b>	m
Condición: $e \leq B/6$ , $B/6 =$	<b>0.667</b>	m

**Cumple la condición  $e < B/6$**

#### VERIFICACIÓN DE TENSIONES SOBRE EL TERRENO

$\sigma_v = \sum Fv / (B - 2e) =$	<b>15710.75</b>	kg/m <sup>2</sup>
	<b>1.571</b>	kg/cm <sup>2</sup>
---	---	
$\sigma_t$ : EMS	<b>2.018</b>	kg/cm <sup>2</sup>

**Si Cumple la condición  $\sigma_v < \sigma_t$**



### VERIFICACIONES - CARGAS MAYORADAS (MTC Manual de tuneles y obras complementarias pag. 344)

#### FACTORES DE AMPLIFICACIÓN

Empujes Horizontal Activo	<b>1.50</b>
Empuje Vertical del suelo	<b>1.35</b>
Peso del muro	<b>1.25</b>
Empujes Horizontal Pasivo	<b>1.35</b>

#### FUERZAS INTERVINIENTES PARA LA EXCENTRICIDAD

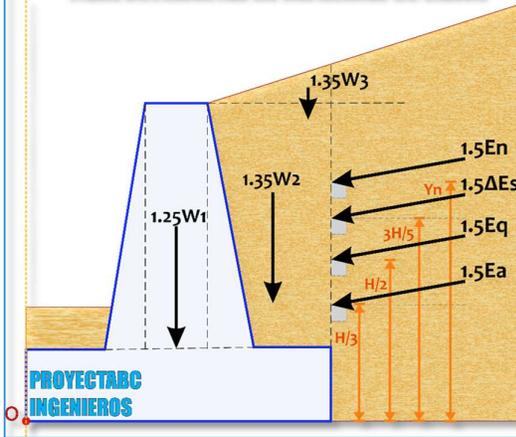
$\sum Mr =$	<b>219897.509</b>	kg.m
$\sum Fv = R =$	<b>78521.773</b>	kg
$\sum Mv =$	<b>79679.578</b>	kg.m

#### VERIFICACIÓN DE EXCENTRICIDAD

$e^* = B/2 - (\sum Mr - \sum Mv) / \sum Fv =$	<b>0.214</b>	m
Condición: $e^* \leq B/6$ , $B/6 =$	<b>0.667</b>	m

**Cumple la condición  $e < B/6$**

#### TÍPICA APLICACIÓN DE LOS FACTORES DE CARGA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA



#### VERIFICACIÓN DE TENSIONES SOBRE EL TERRENO

$\sigma_v^* = \sum Fv / (B - 2e) =$	<b>21986.02</b>	kg/m <sup>2</sup>
	<b>2.199</b>	kg/cm <sup>2</sup>
---	---	
$\sigma_t^* = 2 * \sigma_v =$	<b>3.142</b>	kg/cm <sup>2</sup>

**Si Cumple la condición  $\sigma_v^* < \sigma_t^*$**

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212659

## DISEÑO DE LA PANTALLA

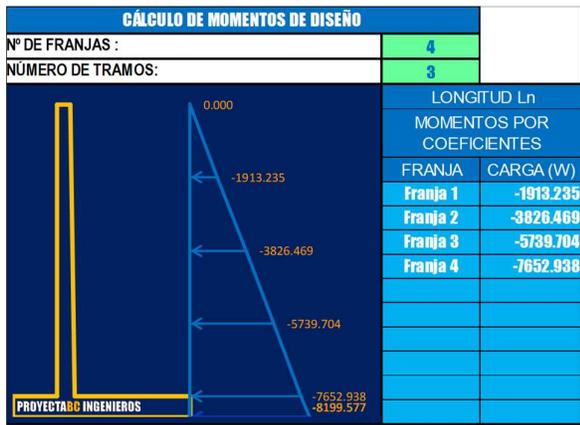
FACTORES DE AMPLIFICACIÓN PARA DISEÑO	
Factor de Amplificación para cargas :	<b>1.70</b>

ALTURA DE PANTALLA	
Altura de la pantalla	<b>7.00 m</b>

PERALTE DE PANTALLA	
Recubrimiento en la pantalla : rp =	<b>0.050 m</b>
Peralte total inferior de pantalla : ep =	<b>0.40 m</b>
Peralte efectivo inferior de pantalla : d = ep - rp	<b>0.35 m</b>

LONGITUD DE DISEÑO	
Ancho de diseño : b =	<b>1.00 m</b>

PROPIEDADES DE RESISTENCIA	
Resistencia a la compresión del Concreto: f'c =	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>
Resistencia a la fluencia del Acero : fy =	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>

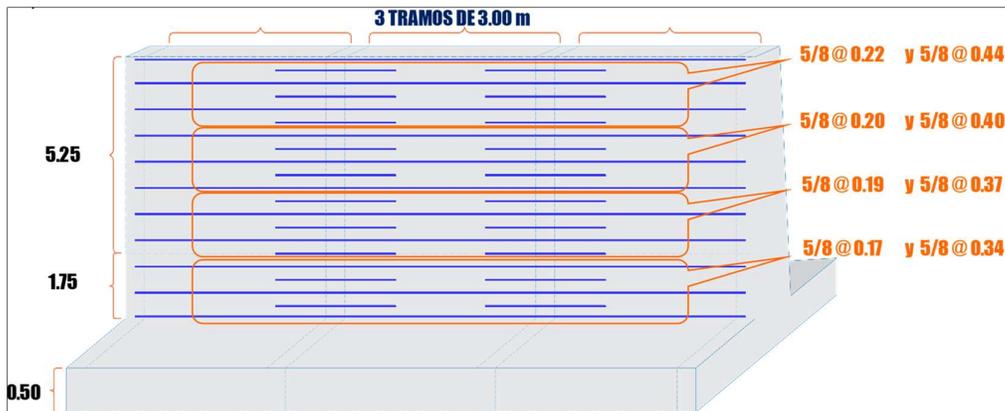


3.00 m		3.00 m									
TRAMO 1			TRAMO 2			TRAMO 3					
<b>24</b>		<b>10</b>		<b>10</b>		<b>24</b>		<b>14</b>		<b>24</b>	
	<b>14</b>		<b>16</b>		<b>14</b>		<b>14</b>		<b>14</b>		
-717.463	-1229.936	-1721.911	-1076.194	-1721.911	-1229.936	-717.463					
-1434.926	-2459.873	-3443.822	-2152.389	-3443.822	-2459.873	-1434.926					
-2152.389	-3689.809	-5165.733	-3228.583	-5165.733	-3689.809	-2152.389					
-2869.852	-4919.746	-6887.644	-4304.778	-6887.644	-4919.746	-2869.852					

FRANJA	ANCHO (b)	PERALTE DE DISEÑO (d)	p <sub>min</sub>	As <sub>min.</sub>	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR
	1m = 100cm	d = ep-r	14 / fy	cm <sup>2</sup>							
Franja 1	100	27.500	0.003333	9.167	9.167 cm <sup>2</sup>						
Franja 2	100	30.000	0.003333	10.000	10.000 cm <sup>2</sup>						
Franja 3	100	32.500	0.003333	10.833	10.833 cm <sup>2</sup>						
Franja 4	100	35.000	0.003333	11.667	11.667 cm <sup>2</sup>						

PANTALLA INTERIOR				
Franja	Área de Acero	Ø Acero	ESPACIAMIENTO	CONCLUSIÓN
	cm <sup>2</sup>	pulg.	S (cm)	
Franja 1	9.167 cm <sup>2</sup>	5/8	0.22	USAR: 5/8 @ 0.22
Franja 2	10.000 cm <sup>2</sup>	5/8	0.20	USAR: 5/8 @ 0.20
Franja 3	10.833 cm <sup>2</sup>	5/8	0.18	USAR: 5/8 @ 0.19
Franja 4	11.667 cm <sup>2</sup>	5/8	0.17	USAR: 5/8 @ 0.17

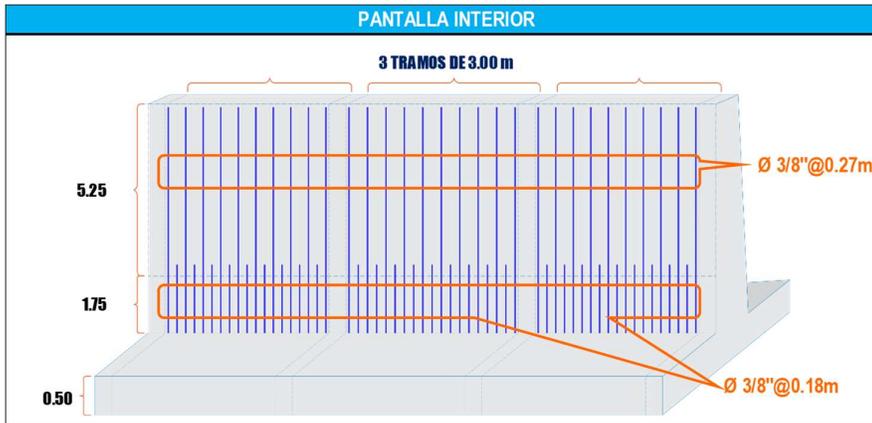
Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669





MOMENTO PARA PANTALLA INTERIOR		
Momento Actuante: $M1 = -0.03P1Lh =$	<b>-5223.130</b>	kg.m
Ancho de Diseño: $b =$	<b>1.000</b>	m
Peralte de efectivo : $d = ep - r =$	<b>0.350</b>	m
Cuantía Calculada: $\rho_{calculada} =$	<b>0.00114</b>	
Cuantía mínima: $\rho_{mín} =$	<b>0.00075</b>	

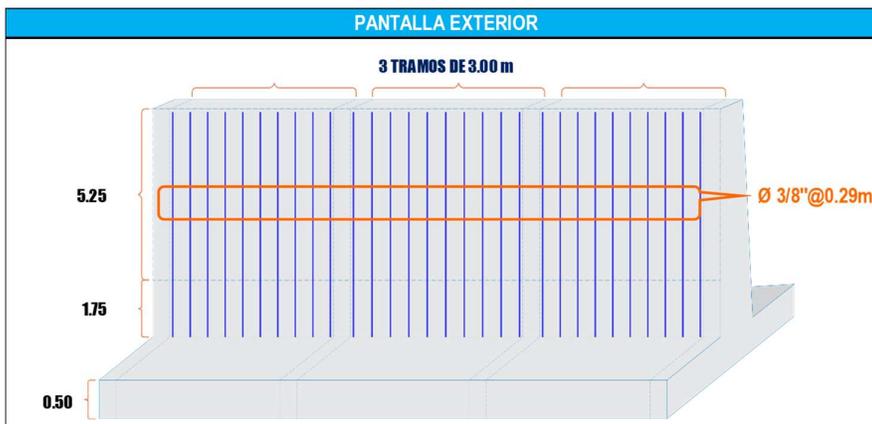
Cuantía de diseño: $\rho_{diseño} = \max(\rho_{calculada}, \rho_{mín.})$	<b>0.00114</b>	
Área de Acero: $As = \rho_{diseño} \cdot b \cdot d =$	<b>4.002</b>	cm <sup>2</sup>
Área de Acero mínima : $As = \rho_{mín} \cdot b \cdot d =$	<b>2.625</b>	cm <sup>2</sup>
ELEGIR DIÁMETRO DE ACERO: $\emptyset =$	<b>3/8</b>	



MOMENTO PARA PANTALLA EXTERIOR		
MOMENTO ACTUANTE INTRADOS: $M2 = 0.0075P1Lh$	<b>-1305.783</b>	kg.m
Ancho de Diseño: $b =$	<b>1.000</b>	m
Peralte de efectivo : $d = ep - r =$	<b>0.325</b>	m
Cuantía Calculada: $\rho_{calculada} =$	<b>0.00033</b>	
Cuantía mínima: $\rho_{mín} =$	<b>0.00075</b>	

Cuantía de diseño: $\rho_{diseño} = \max(\rho_{calculada}, \rho_{mín.})$	<b>0.00075</b>	
Área de Acero: $As = \rho_{diseño} \cdot b \cdot d =$	<b>2.438</b>	cm <sup>2</sup>
Área de Acero mínima : $As = \rho_{mín} \cdot b \cdot d =$	<b>2.438</b>	cm <sup>2</sup>
ELEGIR DIÁMETRO DE ACERO: $\emptyset =$	<b>3/8</b>	

Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669



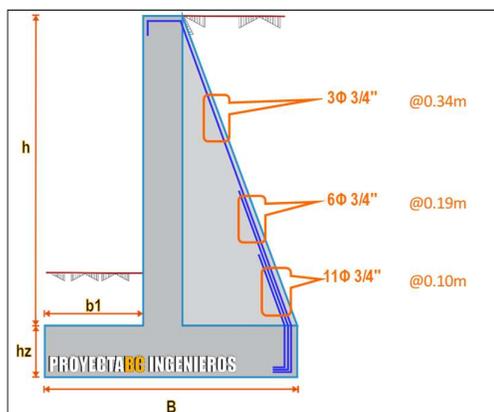
## DISEÑO DE CONTRAFUERTE

El contrafuerte se calcula como un voladizo empotrado en la base. Resiste el empuje del terreno que actúa la franja de pantalla vertical de  $S'$  de ancho. El diagrama de fuerza cortante y momento flector que actúan sobre el se muestra en la figura. La tracción en el esfuerzo será igual a la suma de componente de la fuerza cortante paralela a el y de la componente de  $M/d$  en la misma dirección. La tensión en el acero será (Harmsen):

## DISEÑO POR TRACCIÓN

DATOS		EN BASE			
		7.00 m	h/3 DE LA BASE 4.67 m	AL CENTRO 3.50 m	
Factor de Amplificación :	<b>1.70</b>	V :	<b>89865.531</b>	<b>52066.791</b>	<b>38837.233</b>
$S'$ :	<b>3.25 m</b>	M :	<b>246065.906</b>	<b>83418.098</b>	<b>30758.238</b>
Angulo de Contrafuerte : $\alpha$	<b>69.62 °</b>	Z :	<b>7.00 m</b>	<b>4.67 m</b>	<b>3.50 m</b>
Ancho de contrafuerte : $B_c =$	<b>2.60 m</b>	epi :	<b>0.40 m</b>	<b>0.37 m</b>	<b>0.35 m</b>
Alto de contrafuerte : $h_c = h =$	<b>7.00 m</b>	ri :	<b>0.05 m</b>	<b>0.05 m</b>	<b>0.05 m</b>
Coefficiente de reducción: $\phi =$	<b>0.90</b>	$X_i = (h_c - Z) / \tan(\alpha) =$	<b>0.00 m</b>	<b>0.87 m</b>	<b>1.30 m</b>
$f_y =$	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>	$d_i = B_c + e_{pi} - X_i - r$	<b>2.95 m</b>	<b>2.05 m</b>	<b>1.60 m</b>

$T = V \cos \alpha + M \sin \alpha / d$	<b>109482.645</b>	<b>56274.435</b>	<b>31543.570</b>
$A_s = T / (\phi f_y)$	<b>28.964 cm<sup>2</sup></b>	<b>14.887 cm<sup>2</sup></b>	<b>8.345 cm<sup>2</sup></b>
$\phi$ Acero	<b>3/4</b>	<b>3/4</b>	<b>3/4</b>
Nº Varillas	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
	<b>11 <math>\phi</math> 3/4"</b>	<b>6 <math>\phi</math> 3/4"</b>	<b>3 <math>\phi</math> 3/4"</b>



  
**Wilder Ramos Vilca**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

## Diseño de acero horizontal

DATOS	
Factor de Amplificación :	<b>1.70</b>
$S'$ :	<b>3.25 m</b>
Alto de contrafuerte : $h_c = h =$	<b>7.00 m</b>
Coefficiente de reducción: $\phi =$	<b>0.90</b>
$f_y =$	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
Cuantía mínima: $p_{mín} =$	<b>0.00125</b>
Espesor contrafuerte: $e_c =$	<b>0.25 m</b>
Ancho de diseño: $b =$	<b>1.00 m</b>
Nº caras de diseño=	<b>1</b>

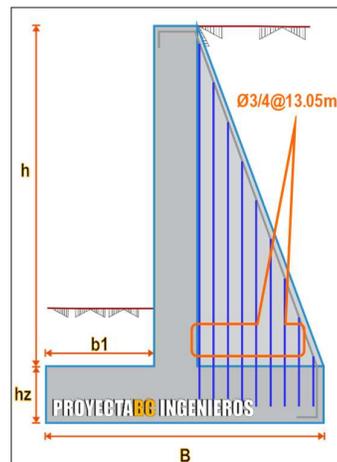
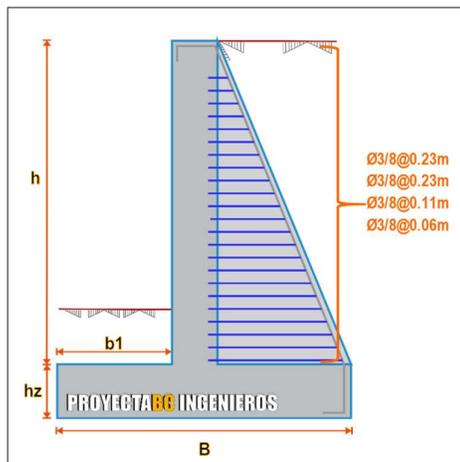
Nº	Yi	CARGA (W)	V	$A_s = T / (\phi f_y)$	As mínimo	$\phi$ Acero	S
<b>1</b>	<b>1.75 m</b>	<b>-1913.235</b>	<b>-2720.380</b>	<b>0.720 cm<sup>2</sup></b>	<b>3.125 cm<sup>2</sup></b>	<b>3/8" @</b>	<b>0.23 m</b>
<b>2</b>	<b>3.50 m</b>	<b>-3826.469</b>	<b>-10881.521</b>	<b>2.879 cm<sup>2</sup></b>	<b>3.125 cm<sup>2</sup></b>	<b>3/8" @</b>	<b>0.23 m</b>
<b>3</b>	<b>5.25 m</b>	<b>-5739.704</b>	<b>-24483.423</b>	<b>6.477 cm<sup>2</sup></b>	<b>3.125 cm<sup>2</sup></b>	<b>3/8" @</b>	<b>0.11 m</b>
<b>4</b>	<b>7.00 m</b>	<b>-7652.938</b>	<b>-43526.085</b>	<b>11.515 cm<sup>2</sup></b>	<b>3.125 cm<sup>2</sup></b>	<b>3/8" @</b>	<b>0.06 m</b>

## Diseño de acero vertical

DATOS	
$S:$	3.25 m
Alto de contrafuerte : $h_c = h =$	7.00 m
Coefficiente de reducción: $\phi =$	0.90
$f_y =$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Ancho de diseño: $b =$	2.60 m
Nº caras de diseño =	1

DESCRIPCIÓN	TENSIÓN	Factor de Amplificación	Tensión Amplificada
TENSIÓN POR RELLENO	-54418.000	1.4	-76185.200 kg
TENSIÓN POR CIMIENTO	-5070.000	1.4	-7098.000 kg
TENSIÓN POR PRESIÓN DE SUELO	57954.424	1.4	81136.193 kg

TENSIÓN DE DISEÑO: $T_u =$	-2147.00697
Área de acero : $A_s = T / (\phi f_y)$	0.568 cm <sup>2</sup>
Diámetro de Acero: $\phi =$	3/4 " @ 13.05 m



Usuario: VICTOR RAMIRO CASA COILA

VERIFICACIÓN INTERACTIVA		
Al volteo	2.113 > 2	CUMPLE
Al Deslizamiento	1.661 > 1.5	CUMPLE
CONDICIÓN DE SERVICIO		
De Excentricidad	0.165 < 0.667	Cumple la condición $e < B/6$
De Tensión	1.571 < 1.92	Si Cumple la condición $\sigma_v < \sigma_t$
CONDICIÓN MAYORADA		
De Excentricidad	0.214 < 0.667	Cumple la condición $e < B/6$
De Tensión	2.199 < 3.142	Si Cumple la condición $\sigma_v^* < \sigma_t^*$

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

## Diseño de muro de gaviones

El ángulo de inclinación:  $\alpha$  es necesario debido a la flexibilidad del gavión, además reduce la necesidad de robustecer el muro, se recomienda  $6^\circ$ , debido a la permeabilidad del gavión, el empuje hidrostático no se toma en cuenta, el coeficiente  $K_a$ , se calcula en función de:  $\alpha$ ,  $\varepsilon$ ,  $\beta$ ,  $\varnothing$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \varphi)}{\text{sen}^2 \beta * \text{sen}(\beta - \delta) * \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) * \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) * \text{sen}(\beta + \varepsilon)}} \right]^2}$$

El ángulo  $\delta$  se puede asumir como  $\varnothing$  en muros de gaviones, si existiera un geotextil detrás del muro de gaviones se toma  $\delta = 0.9 * \varnothing$ ,  $\delta$  determina la inclinación entre el empuje y la normal al plano de aplicación.

El empuje activo  $E_a$ , tomando en cuenta una sobrecarga  $h_s$  como suelo de iguales características por encima de la horizontal sobre el material a contener es:

$$E_a = 0.5 * \gamma_s * H^2 * K_a * \left( 1 + \frac{2 * h_s}{H} \right) - 2 * c * H * \sqrt{K_a}$$

Donde se considera además el efecto de la cohesión (algunas veces la cohesión es despreciable debido a la presencia de agua).

El empuje activo  $E_a$ , actúa a una distancia "d" de la base de apoyo y a "s" del lado extremo del muro.

$$d = \frac{H}{3} * \left( \frac{H + 3 * h_s}{H + 2 * h_s} \right) - B * \text{sen} \alpha \quad s = B * \cos \alpha - \frac{H}{3} * \left( \frac{H + 3 * h_s}{H + 2 * h_s} \right) * \frac{1}{\tan \beta}$$

### 1.0 DATOS DEL GAVION

$\gamma_{ROCA}$	2400 kg/m <sup>3</sup>	Peso específico de la roca
$\gamma_{SUELO}$	1800 kg/m <sup>3</sup>	Peso específico del suelo
$\sigma_{SUELO}$	1.92 kg/cm <sup>2</sup>	Capacidad portante del suelo
$\varphi$	22.89 °	Ángulo de fricción del suelo
B	4 m	Longitud de la base
H	6 m	Altura del Gavion



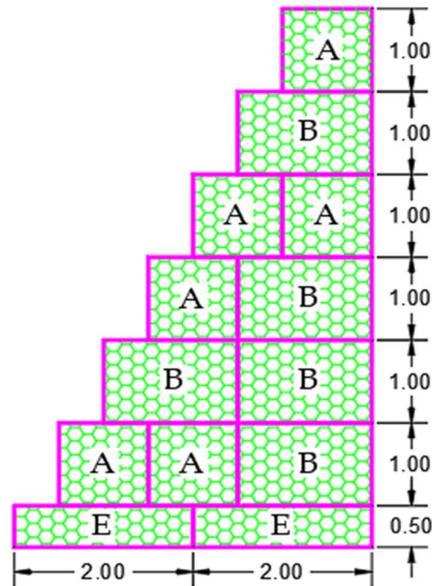
Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669

## 2.0 CARACTERISTICAS DEL BLOQUE DE GAVION

$h_{\text{BLOQUE}}$	1 m	Altura del bloque
$b_{\text{BLOQUE}}$	1 m	Ancho del bloque
$p_{\text{BLOQUE}}$	1 m	Profundidad del bloque
$V_{\text{BLOQUE}}$	1 m <sup>3</sup>	Volumen del bloque
$W_{\text{BLOQUE}}$	1920 Kg	Peso del bloque
$N_{\text{BLOQUE (1.00X1.00 M)}}$	6	Número de Bloques
$N_{\text{BLOQUE (1.50X1.50 M)}}$	5	Número de Bloques
$W_{\text{TOTAL}}$	33120 Kg	Peso total del muro de gavión

### NOTA:

En muros de gaviones se considera 20% de espacios vacíos en cada bloque



## 3.0 ANÁLISIS POR DESLIZAMIENTO

### 3.1 Cálculo del Empuje Activo

$K_a$	0.440	
$E_a$	6334.89	kg

Constante de Empuje Activo  
Empuje Activo

### 3.2 Momento por Volcamiento

$Y_c$	7.5	m
$M_o$	47511.68	kg - m

Distancia de aplicación del empuje activo  
Momento por volcamiento

### 3.3 Cálculo de la Cuña del Suelo sobre cada Bloque

$W_i$	Pesos ( Tn )	x (m)	$W \cdot x$ ( Tn-m )
W1	15.60	3.500	54.60
W2	6.60	2.750	18.15
W3	5.40	2.250	12.15
W4	4.20	1.750	7.35
W5	3.00	1.250	3.75
W6	1.80	0.750	1.35
W7	0.60	0.250	0.15
$\Sigma$	37.20		97.50

Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669

### 3.4 Cálculo del Momento Estabilizante

Me 97500 kg - m

Momento Estabilizante del muro

### 3.5 Factor de Seguridad al Volcamiento

FSV 2

Factor de Seguridad al volcamiento

Me / Mo 2.052 **No hay Volcamiento del Muro**

### 3.6 Factor de Seguridad al Deslizamiento

FSD 1.5

Factor de Seguridad al deslizamiento

$\Sigma W \cdot \text{TAN}(k_1 \cdot \phi) / Eah$  2.567 **No hay Deslizamiento**

### 3.7 Punto de aplicación de la Reacción Normal

X 1.298

Distancia de Normal con respecto al punto extremo

### 3.8 Cálculo de la Excentricidad

B/6 0.667 m

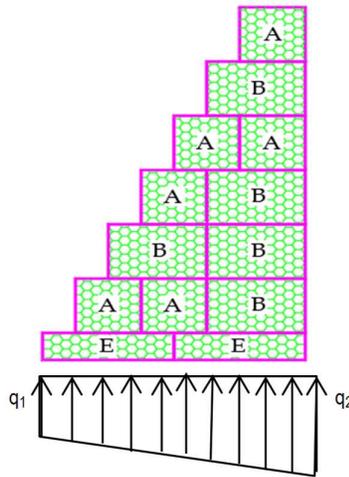
Distancia máxima de excentricidad

B/2 2 m

Distancia medio del muro

e 0.702 m

### 3.9 Presiones del terreno



$$q_1 = \frac{W}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = 14.25$$

$$q_2 = \frac{W}{B} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = 4.35003$$

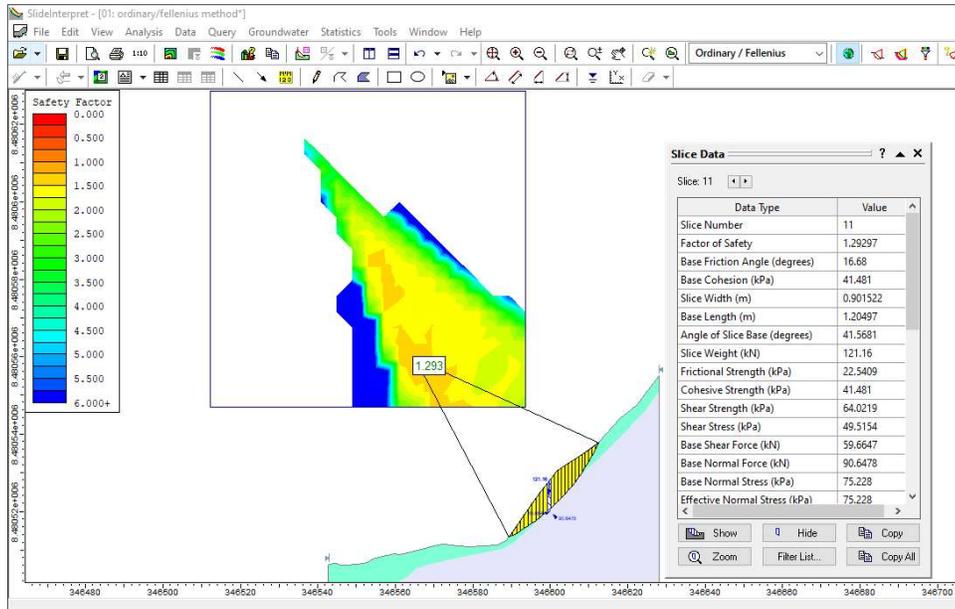
$< \sigma_t = 19.20 \text{ Tn/m}^2$

**OK, SI CUMPLE**

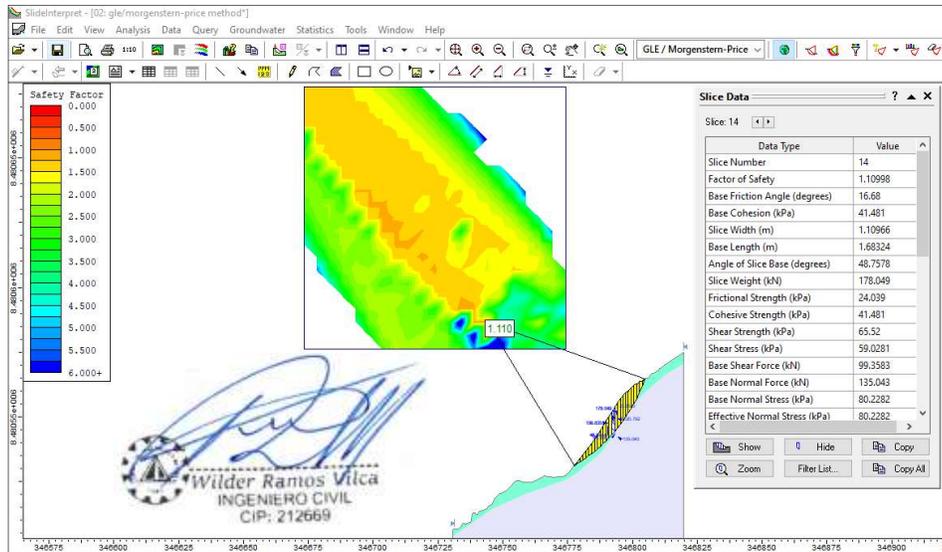
  
Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669

## Calculo del factor de seguridad del talud (patrón) bajo condición estática.

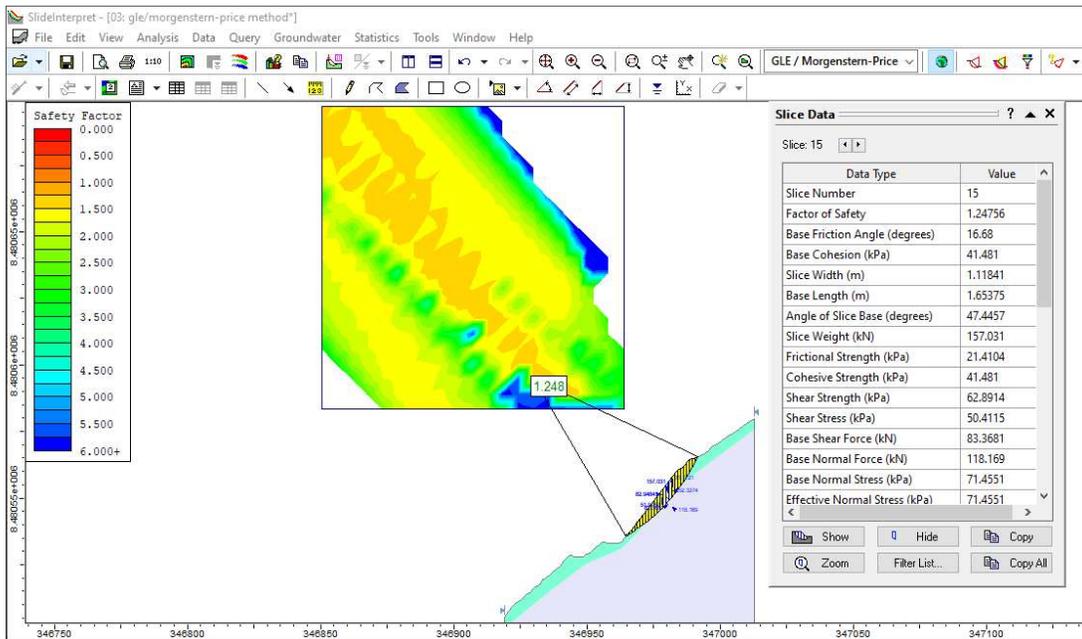
El cálculo de los factores de seguridad se realizó para los 17 taludes del tramo de investigación que inicia desde la progresiva 1+760 al 1+920 y tiene por coordenadas UTM; N: 8482565.737, E: 343582.599 y N: 8482676.130, E: 343688.041 respectivamente en inicio y fin.



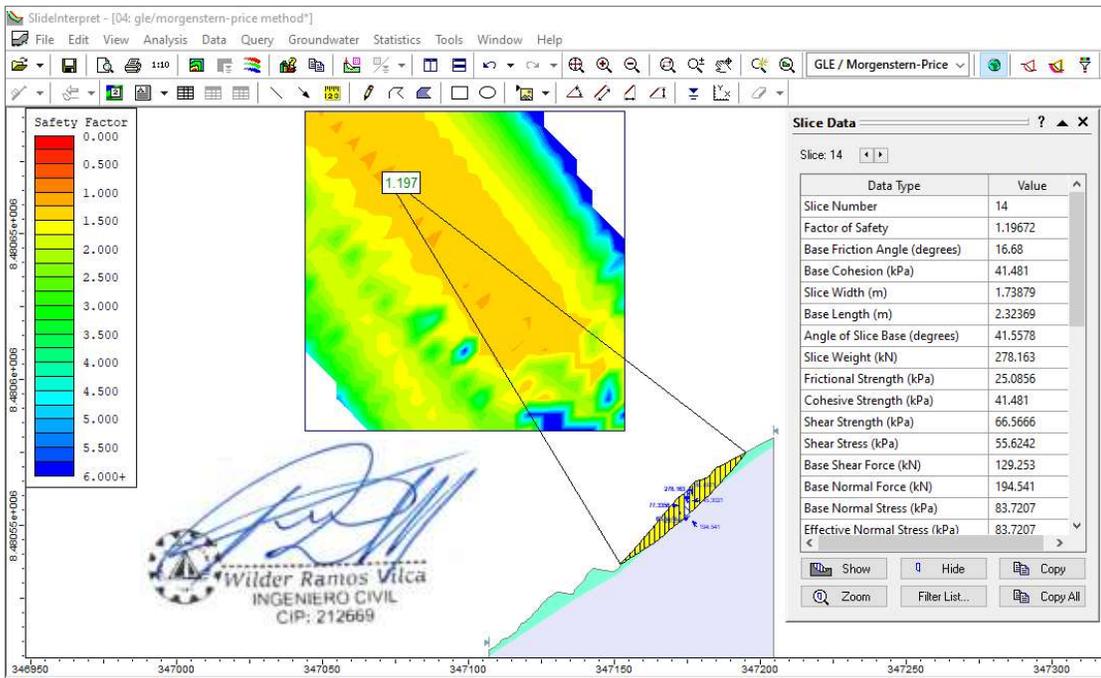
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+760, analisis bajo condición estática.



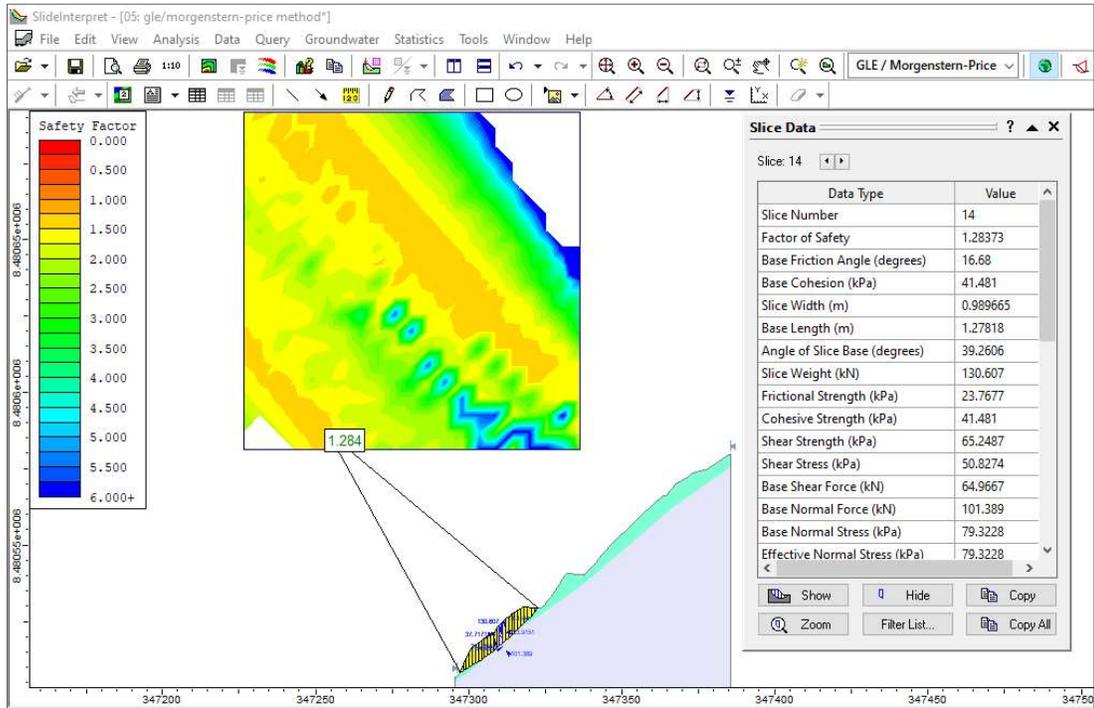
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+770, analisis bajo condición estática.



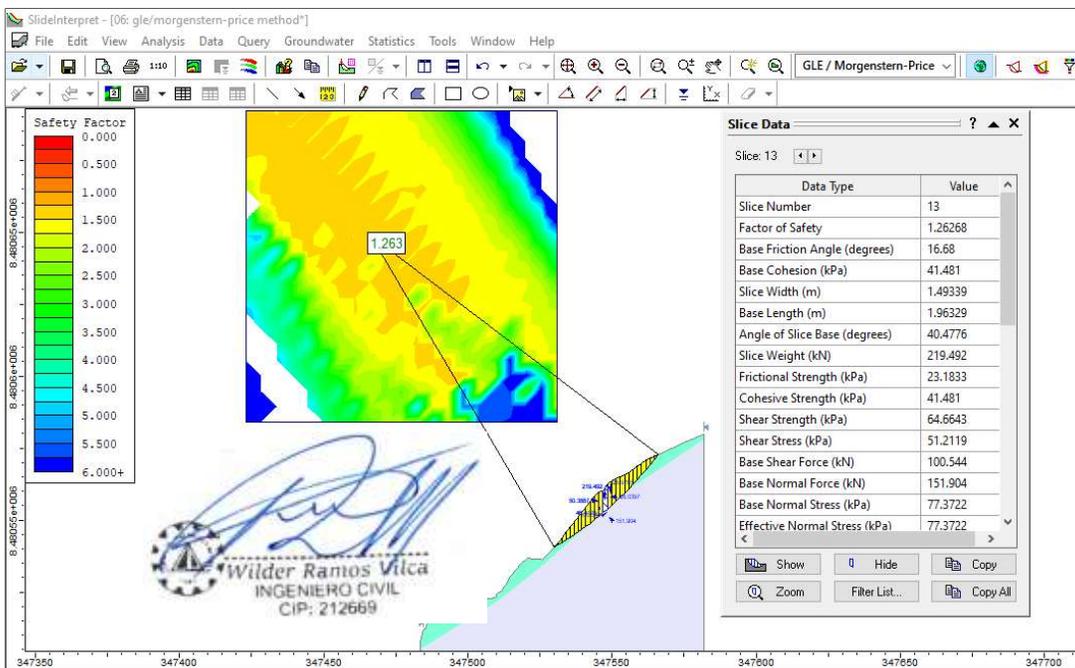
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+780, analisis bajo condición estática.



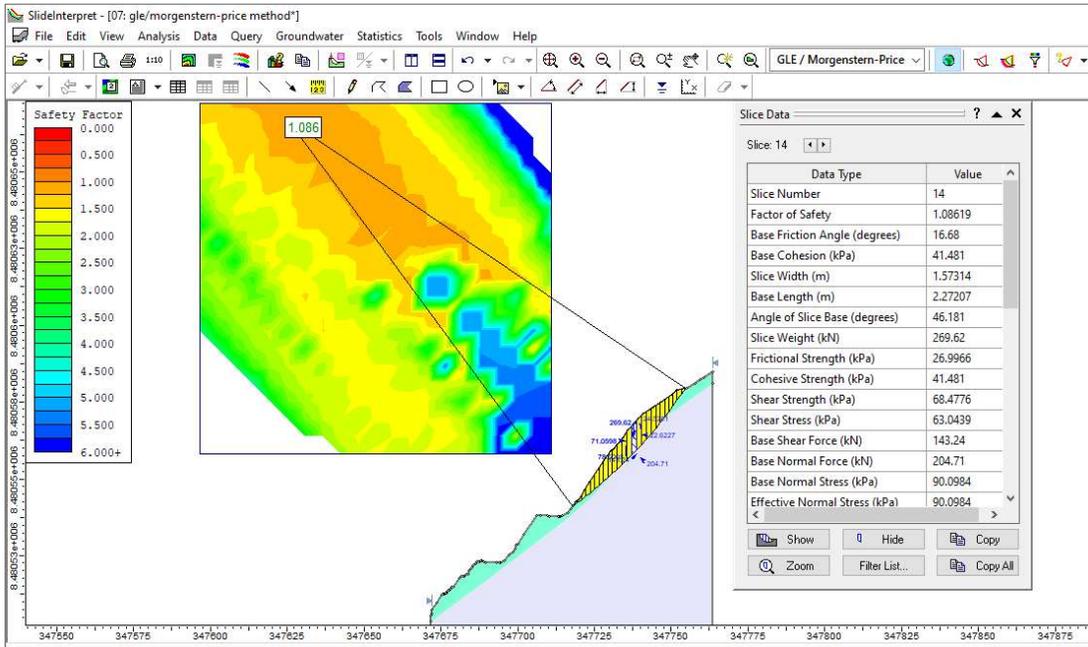
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+790, analisis bajo condición estática.



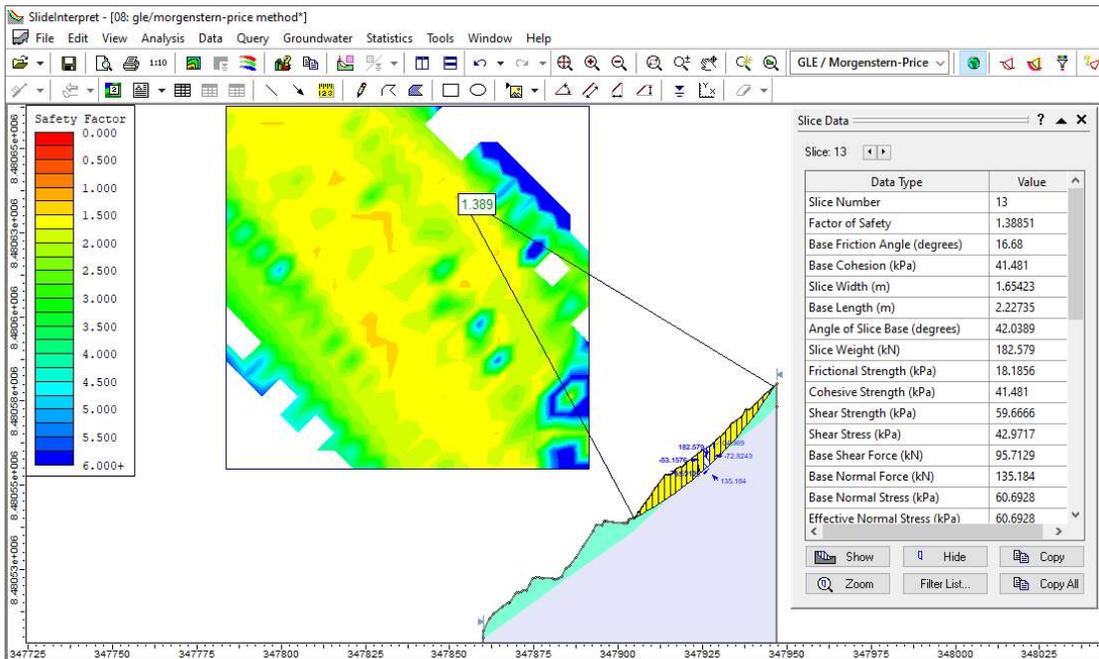
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición estática.



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+810, analisis bajo condición estática.

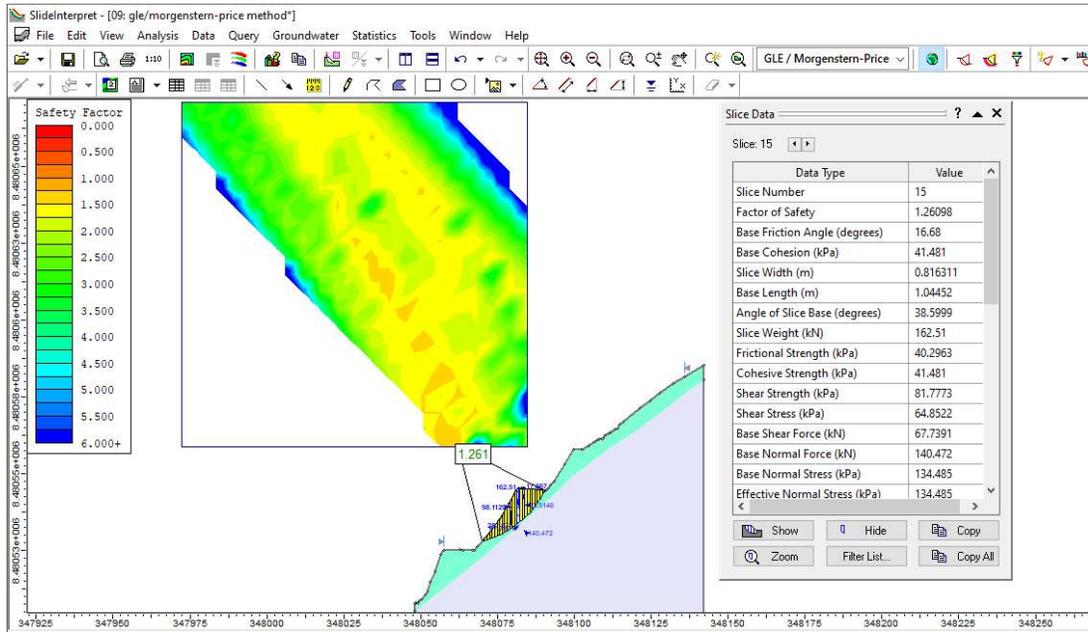


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+820, analisis bajo condición estática.

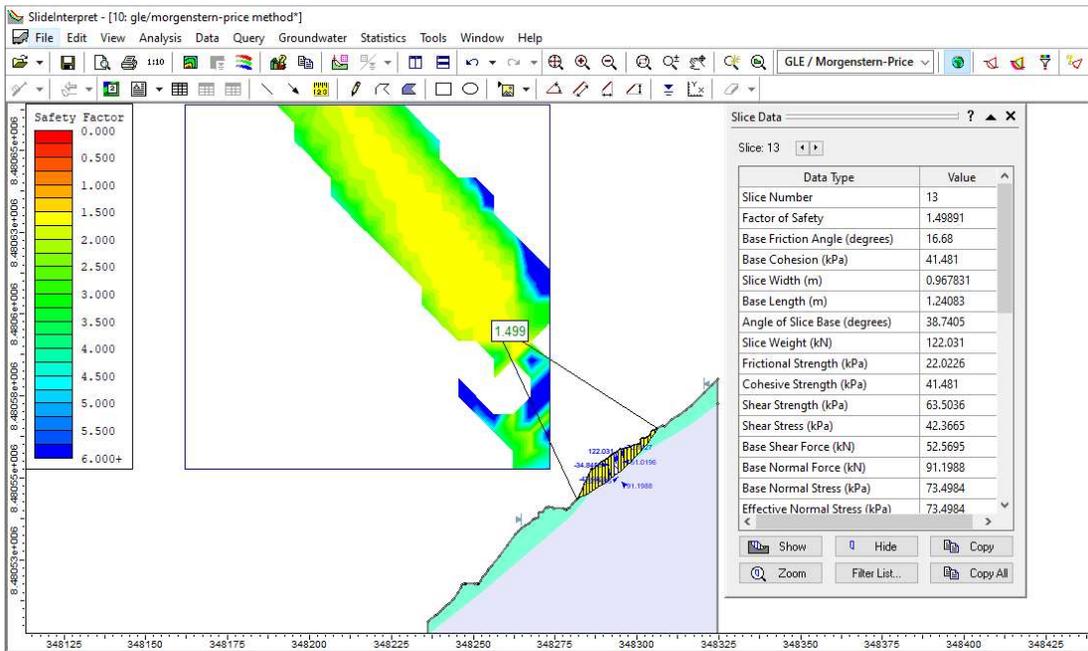


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+830, analisis bajo condición estática.

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

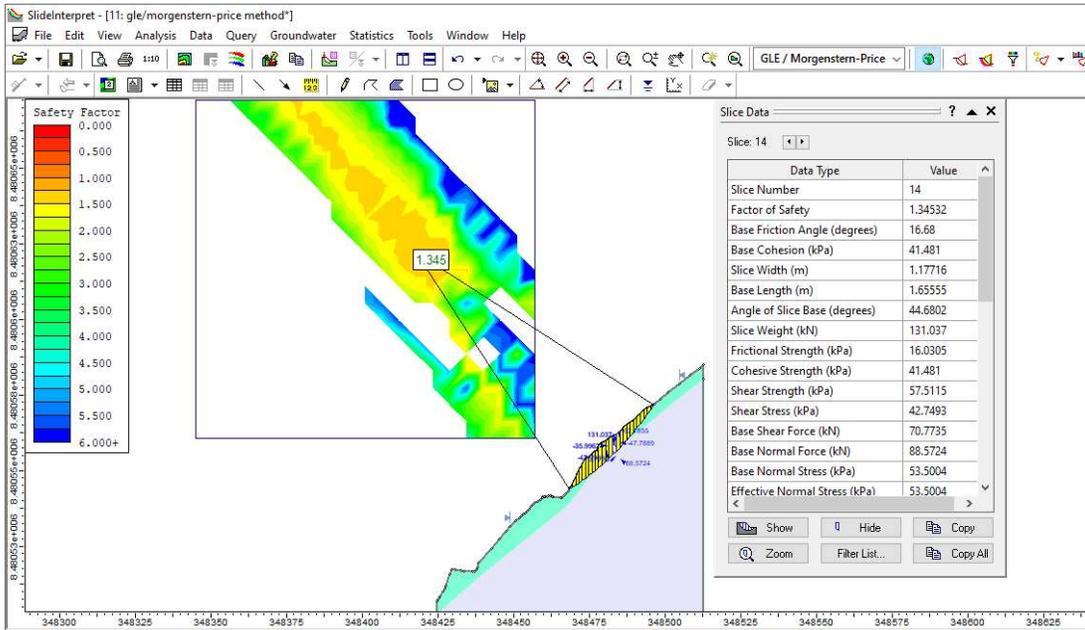


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+840, analisis bajo condición estática.

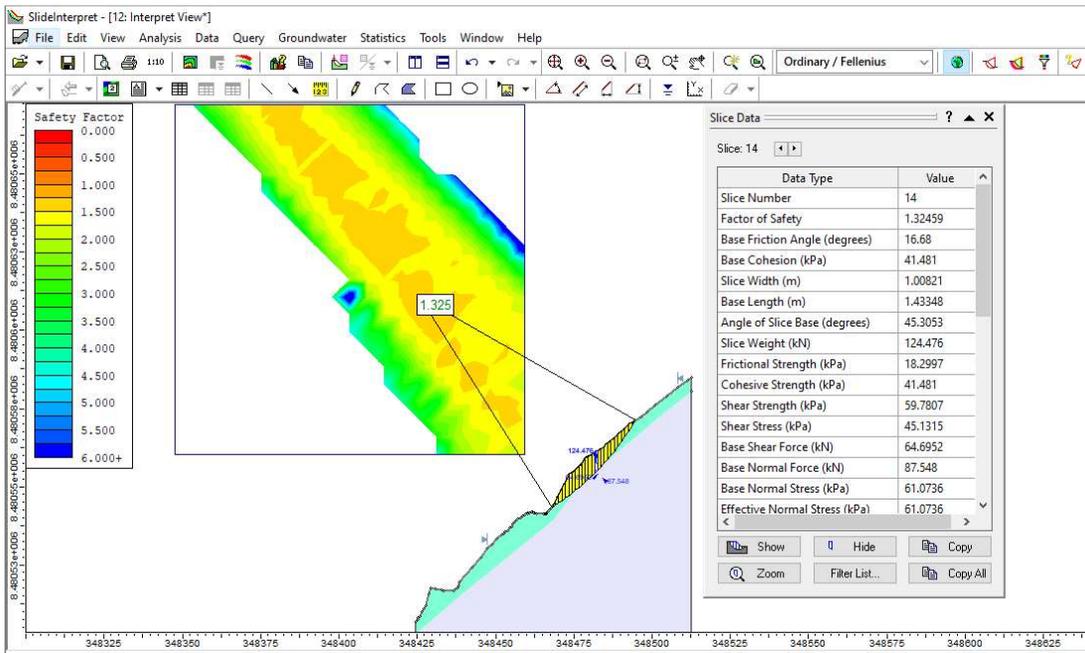


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+850, analisis bajo condición estática.

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

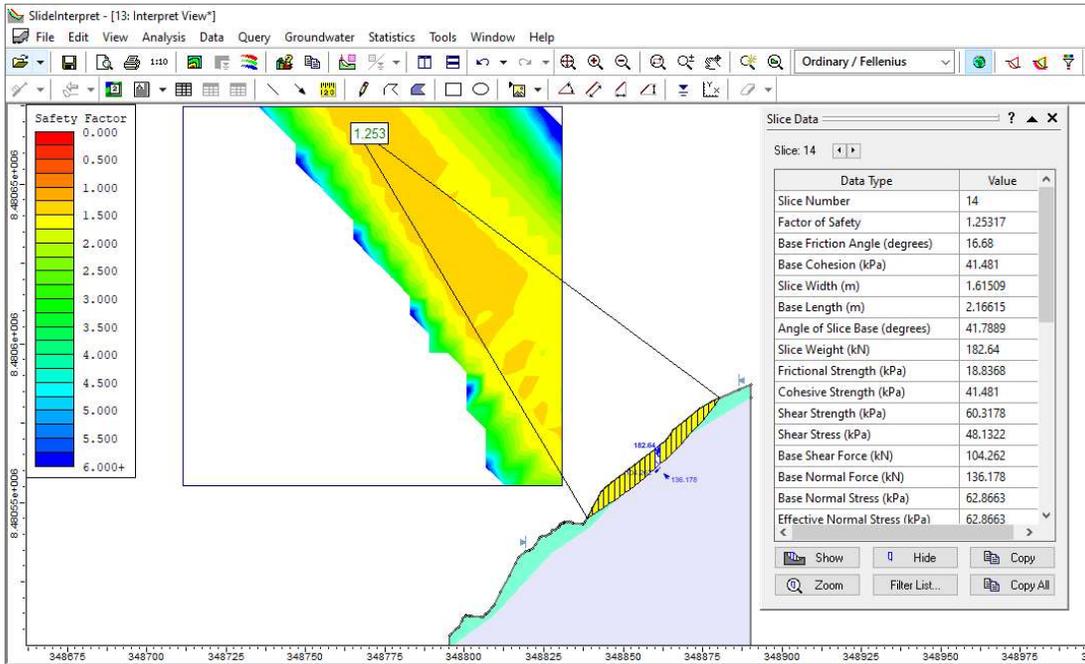


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+860, analisis bajo condición estática.

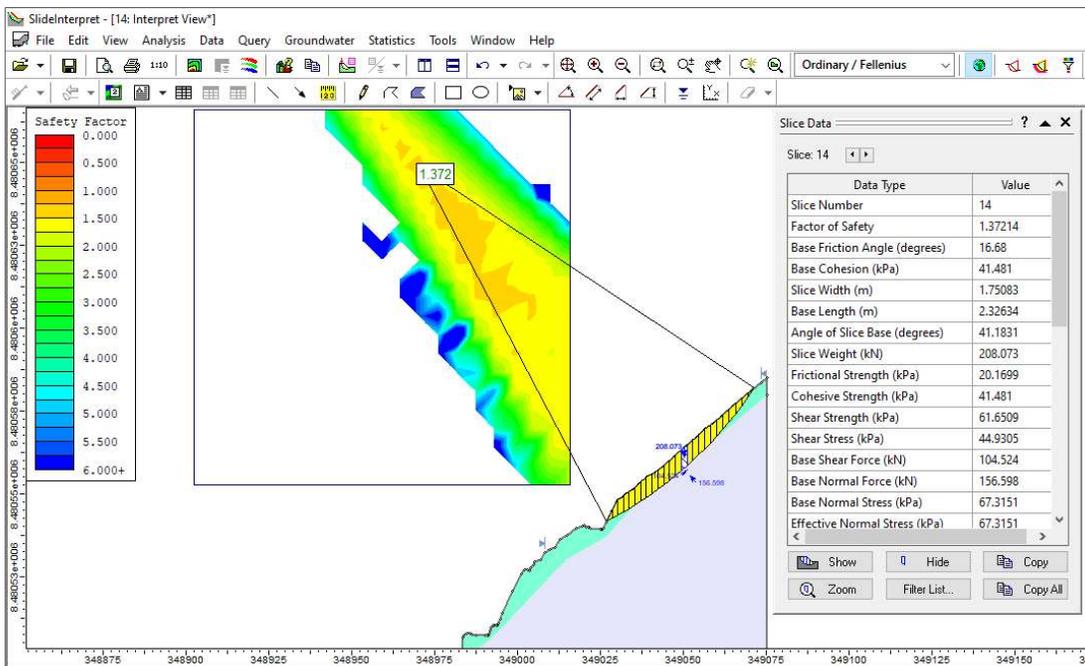


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+870, analisis bajo condición estática.

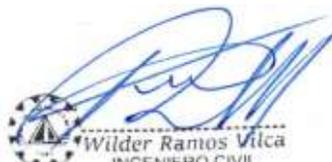
  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

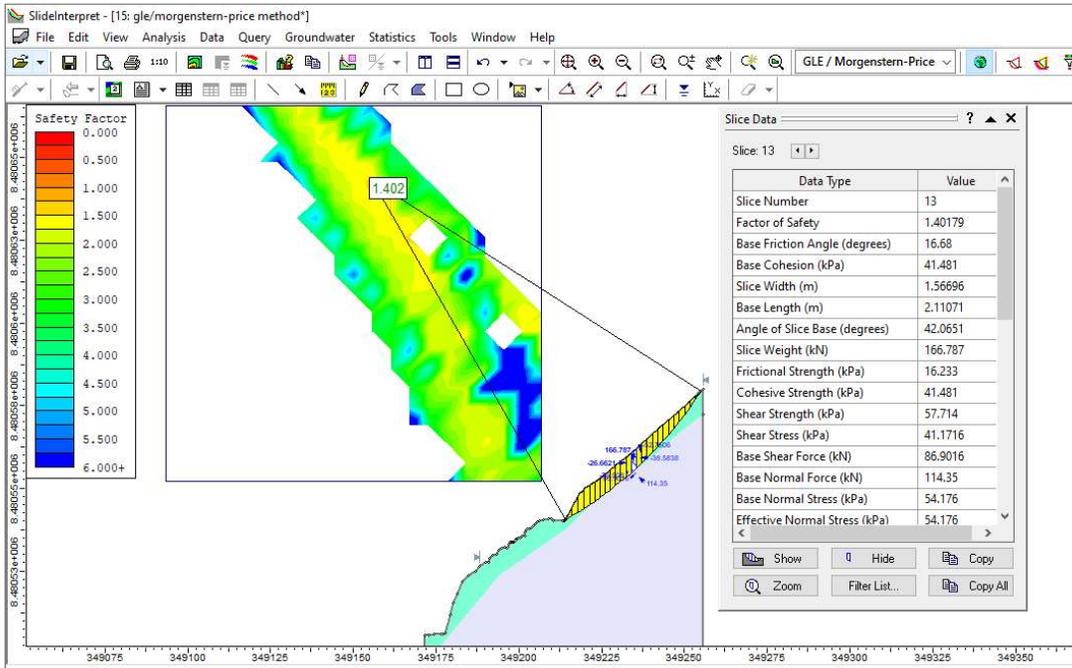


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+880, analisis bajo condición estática.

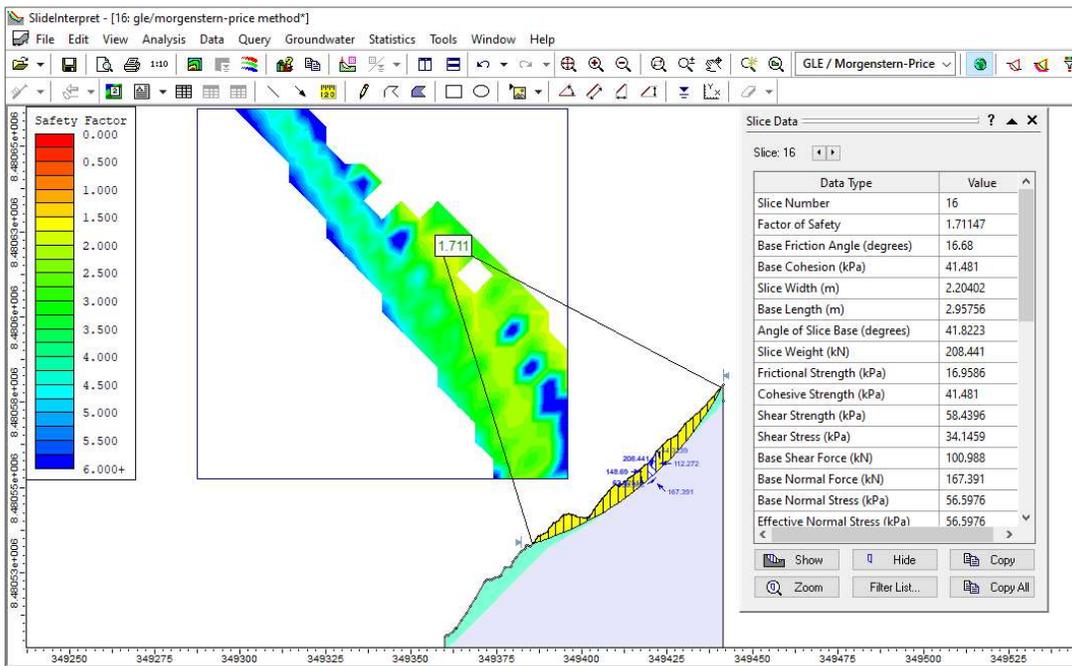


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+890, analisis bajo condición estática.

  
 Wilder Rantos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

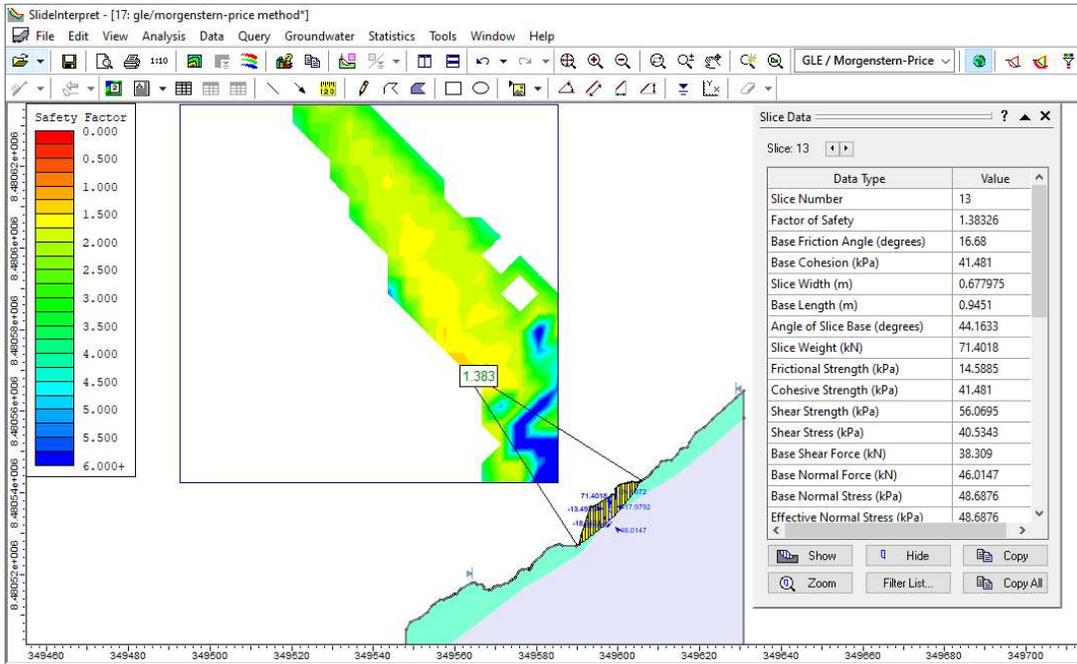


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+900, analisis bajo condición estática.



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+910, analisis bajo condición estática.

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

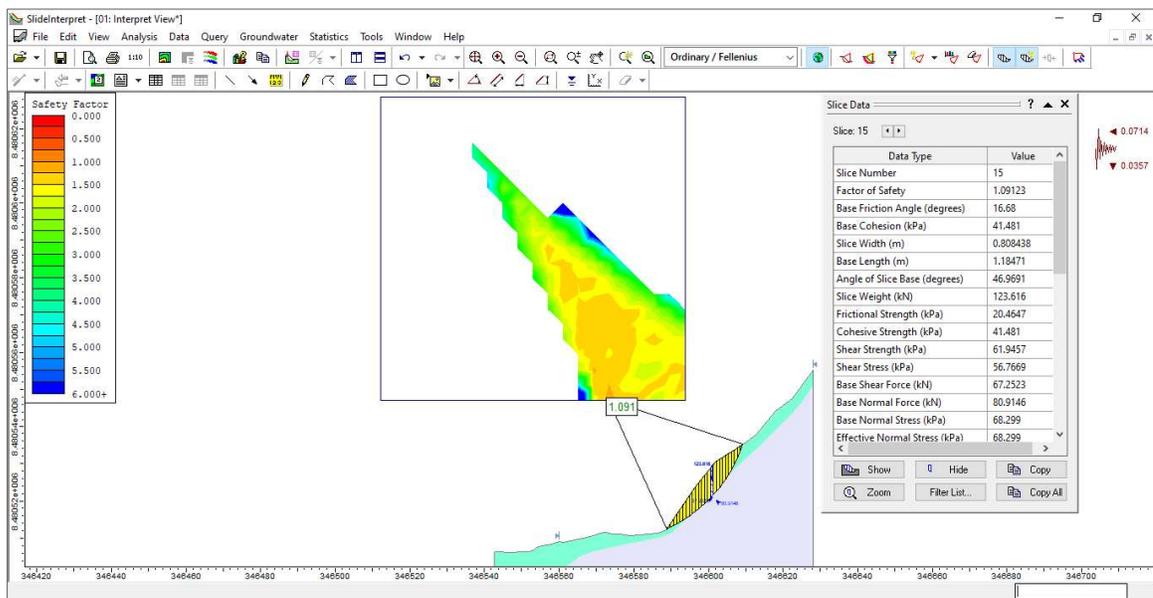


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+920, analisis bajo condición estática.

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

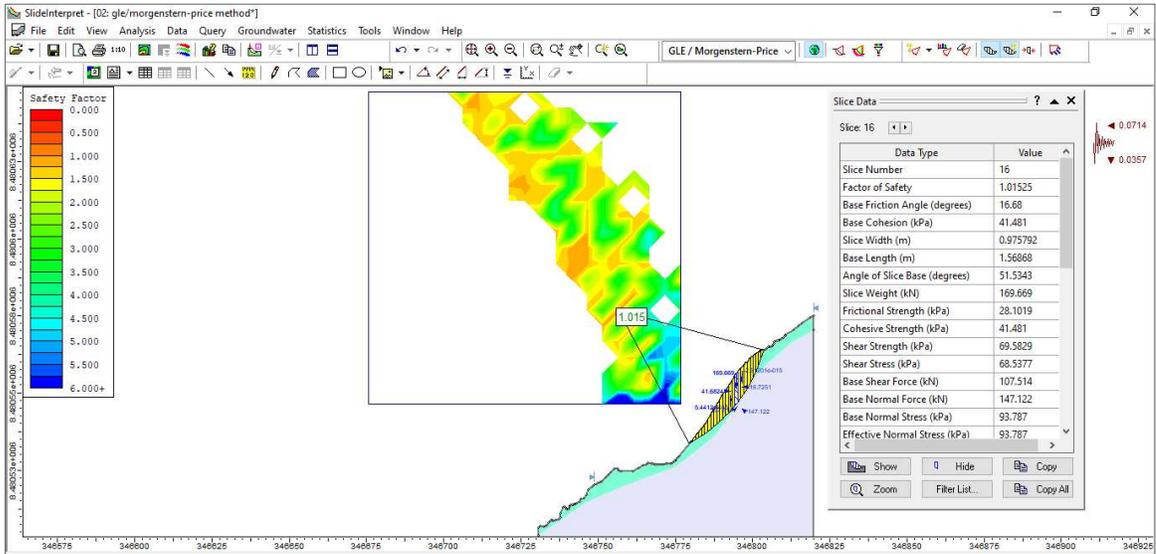
## Calculo del factor de seguridad del talud (patrón) bajo condición pseudo-estática.

El análisis pseudo estático, considerando un PGA para 100 años de retorno según el estudio de peligro sísmico en donde presenta un mapa de isoaceleraciones para lo cual, se ha tabulado y obtenido un valor de PGA para una aceleración horizontal de 0.1428g, pero la bibliografía indica que se debe utilizar el 50% de reducción; entonces el coeficiente sísmico horizontal con fines de cálculo será de: 0.0714g y el coeficiente sísmico vertical será de: 0.0357, el cálculo de los factores de seguridad se realizó para los 17 taludes del tramo de investigación que inicia desde la progresiva 1+760 al 1+920 y tiene por coordenadas UTM; N: 8482565.737, E: 343582.599 y N: 8482676.130, E: 343688.041 respectivamente en inicio y fin.

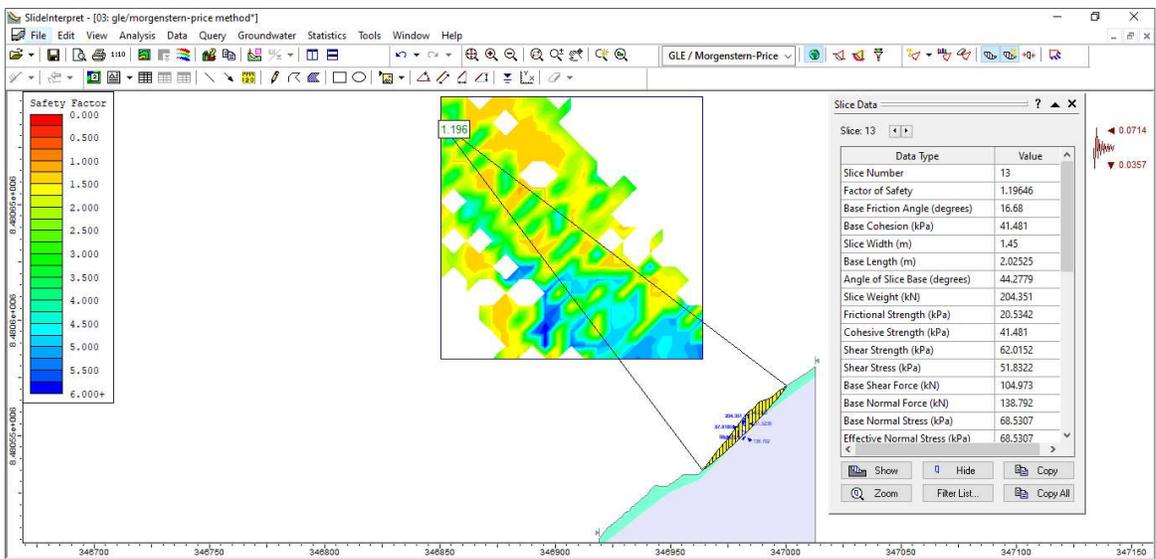


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+760, analisis bajo condición pseudo-estática.

  
Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669

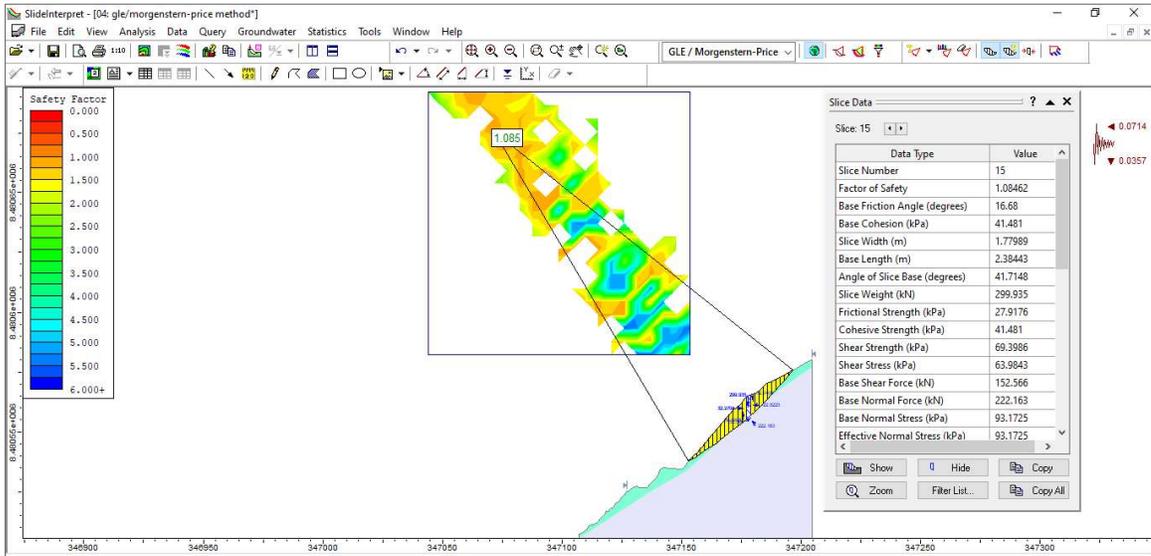


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+770, analisis bajo condición pseudo-estática.

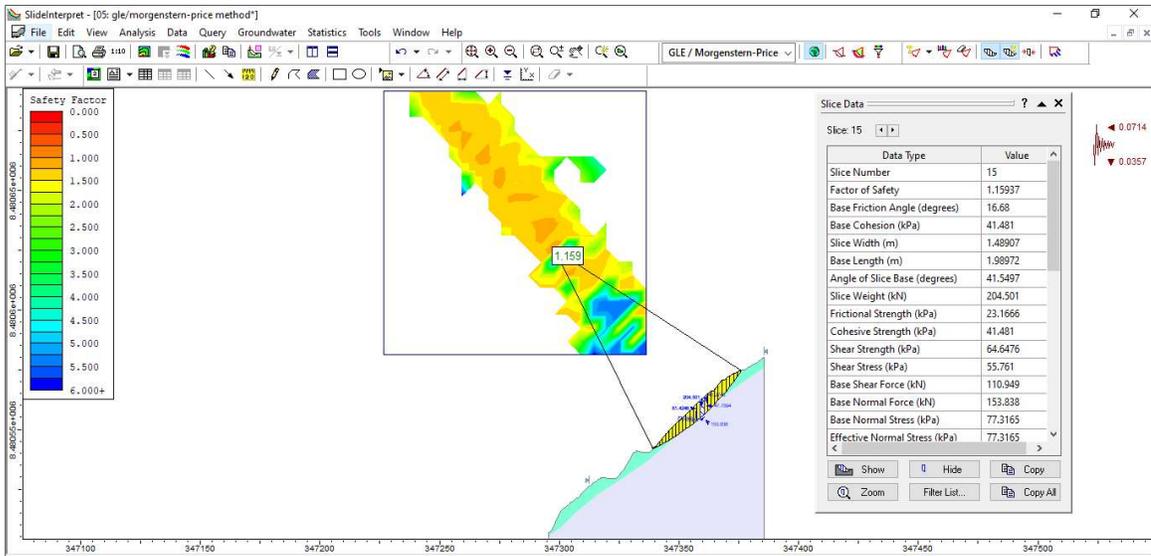


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+780, analisis bajo condición pseudo-estática.

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+790, analisis bajo condición pseudo-estática.

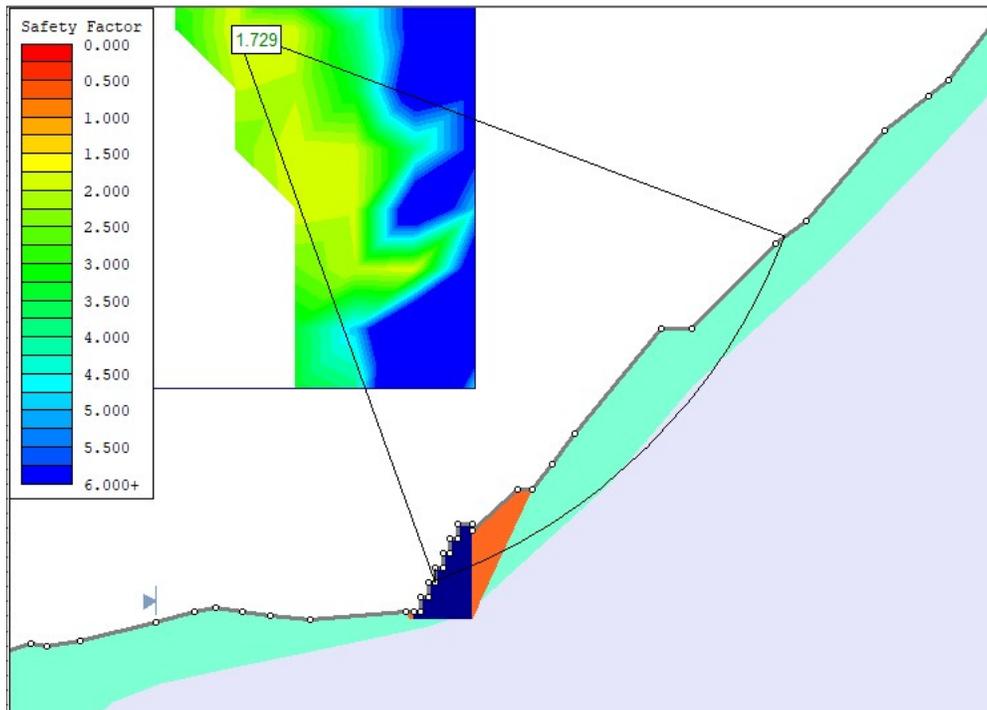


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición pseudo-estática.

  
 Wilder Ramos Vilca  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 212669

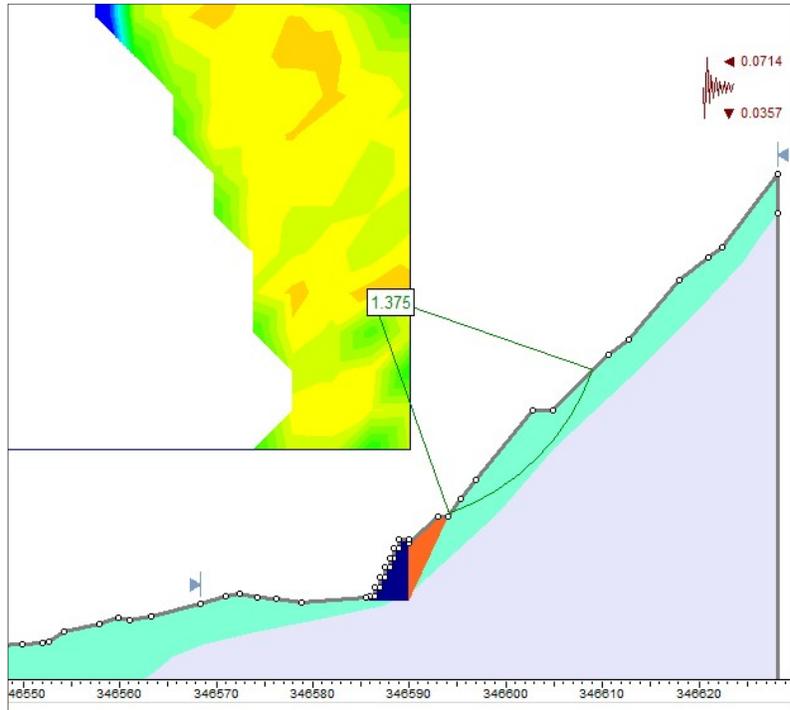
## Calculo del F.S. incluyendo las estructuras estabilizadores con muros de gaviones y banquetas.

Calculo de los F.S. incorporando las estructuras estabilizadoras combinadas con muros de gaviones y banquetas bajo un análisis estático y pseudo-estático, los muros de gaviones se ha predimensionado estructuralmente y las banquetas se han planteado con un ancho de calzada de 2.00m y una inclinación de 45° respecto al plano horizontal, dichas banquetas están planteadas en la parte superior de los taludes de tal forma que el proceso de construcción sea la más eficiente y óptima, dicho análisis planteado fue calculado para los N = 17 taludes seleccionados, con fines de validar los resultados mostraremos algunos secciones.

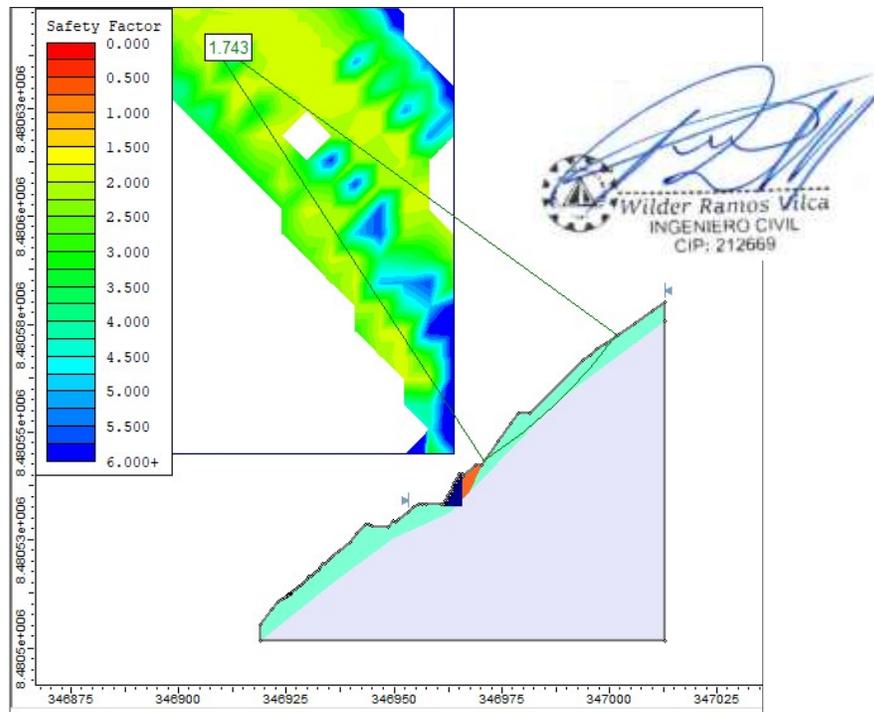


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+760, analisis bajo condición estática.

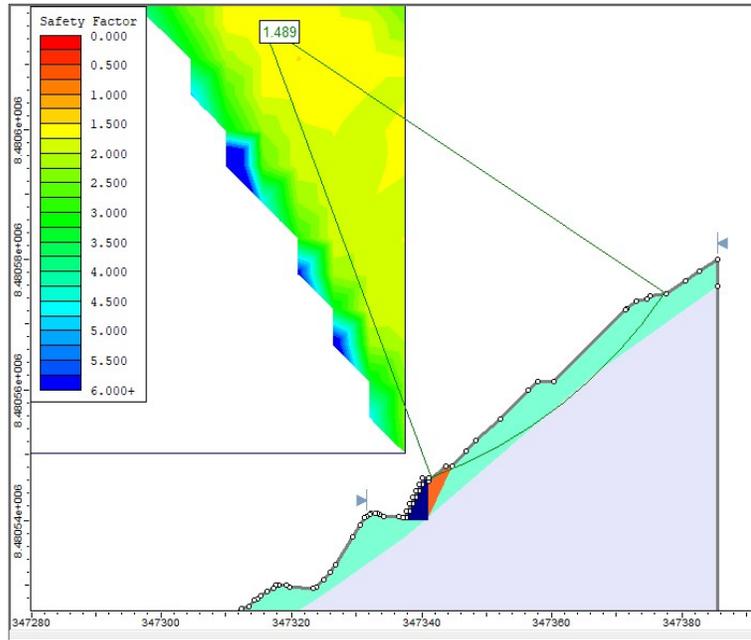
  
Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669



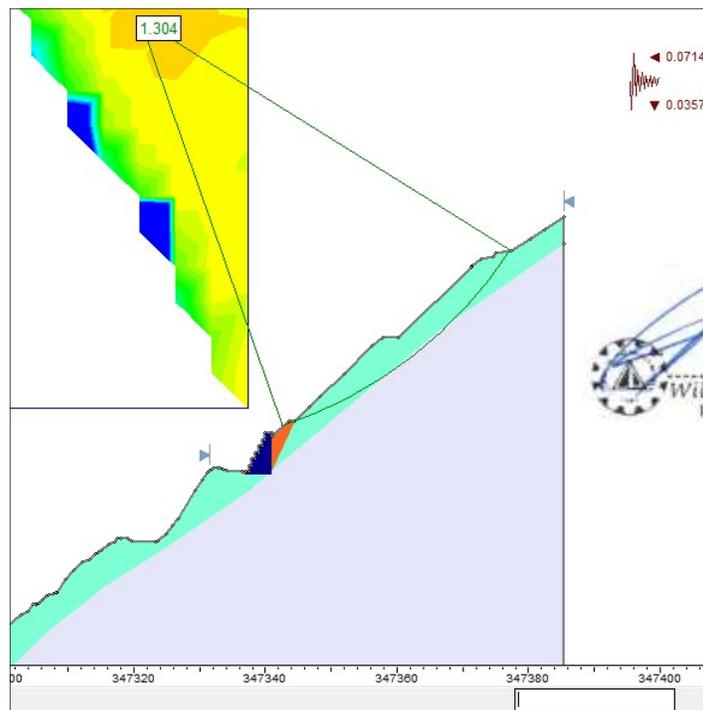
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+760, analisis bajo condición pseudo-estática.



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+780, analisis bajo condición estática.



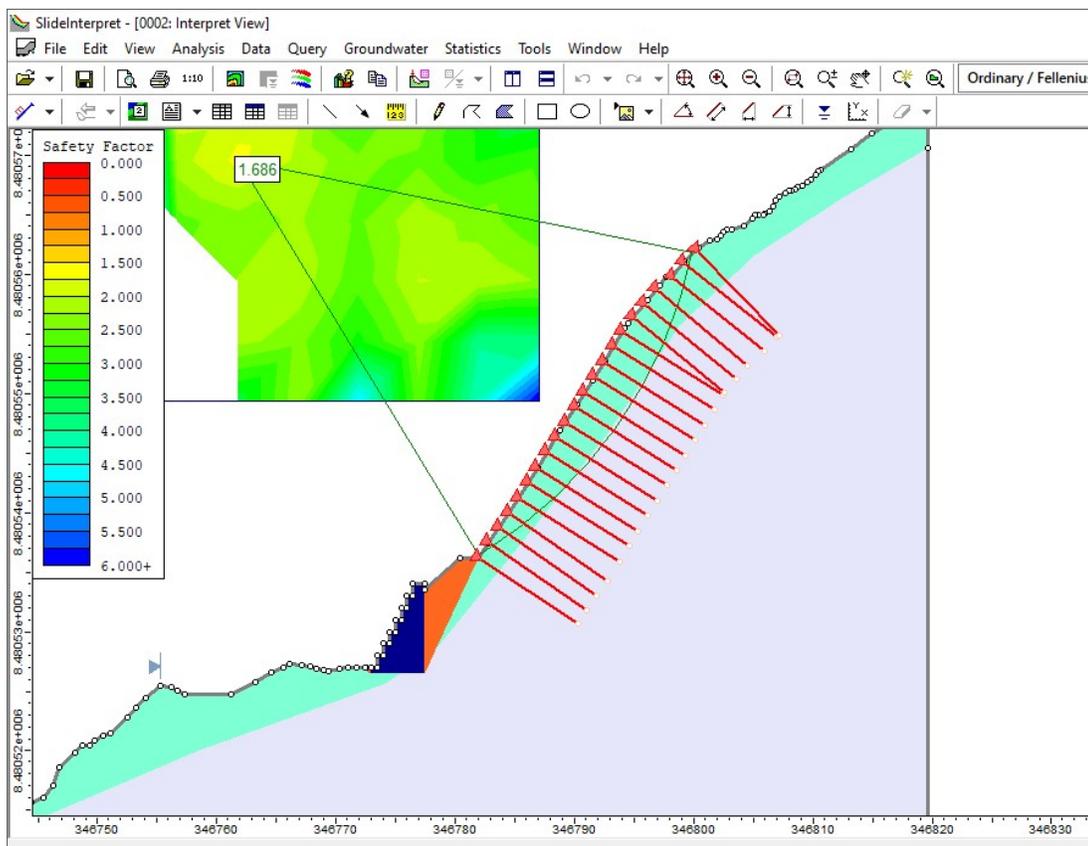
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición estática.



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición pseudo-estática.

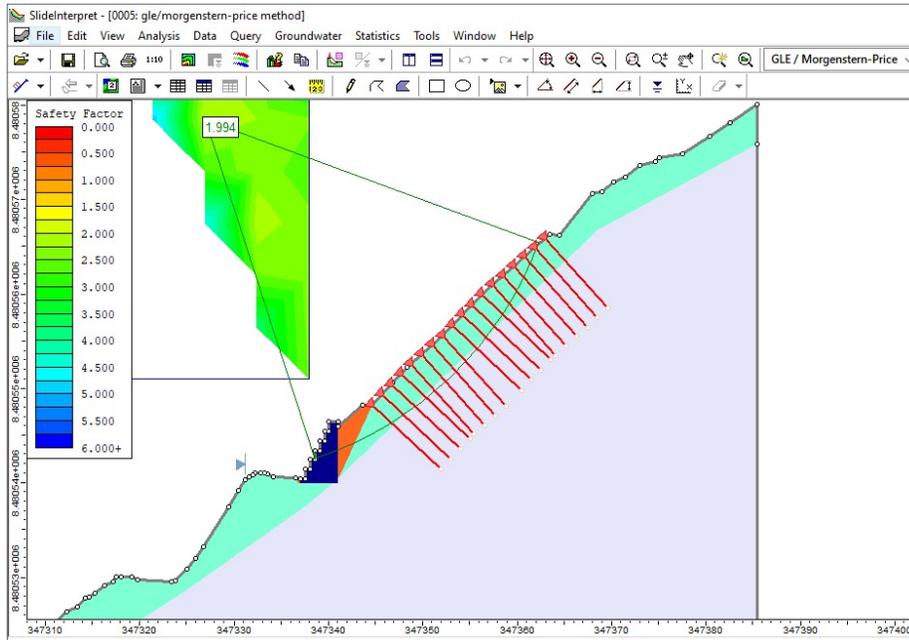
## Calculo del F.S. incluyendo las estructuras estabilizadores con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas.

Calculo de los F.S. incorporando las estructuras estabilizadoras combinadas con muros de gaviones y mallas metálicas ancladas con pernos de 100 kn de soporte, los pernos estarán anclados a una profundidad de 10m desde la superficie del talud y estarán espaciadas a 1.50m x 1.50m, las mallas metálicas tendrán un soporte de 10kn/m<sup>2</sup>, estarán analizadas bajo condición estática y pseudo-estática, dicho análisis planteado fue calculado para los N = 17 taludes seleccionados, con fines de validar los resultados mostraremos algunos secciones.

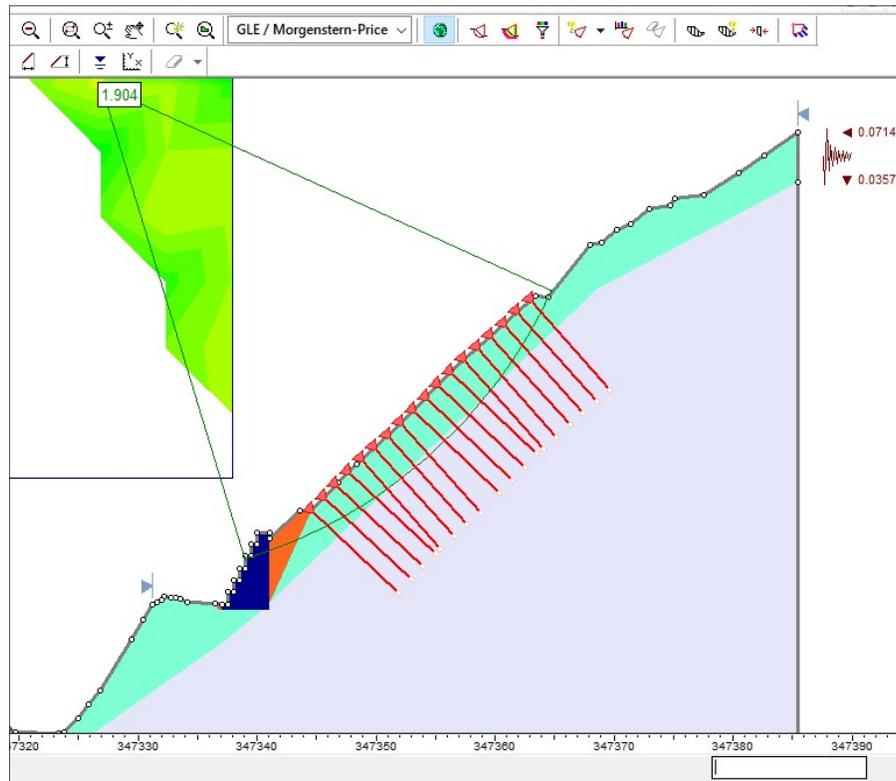


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+770, analisis bajo condición estática.

  
Wilder Ramos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669



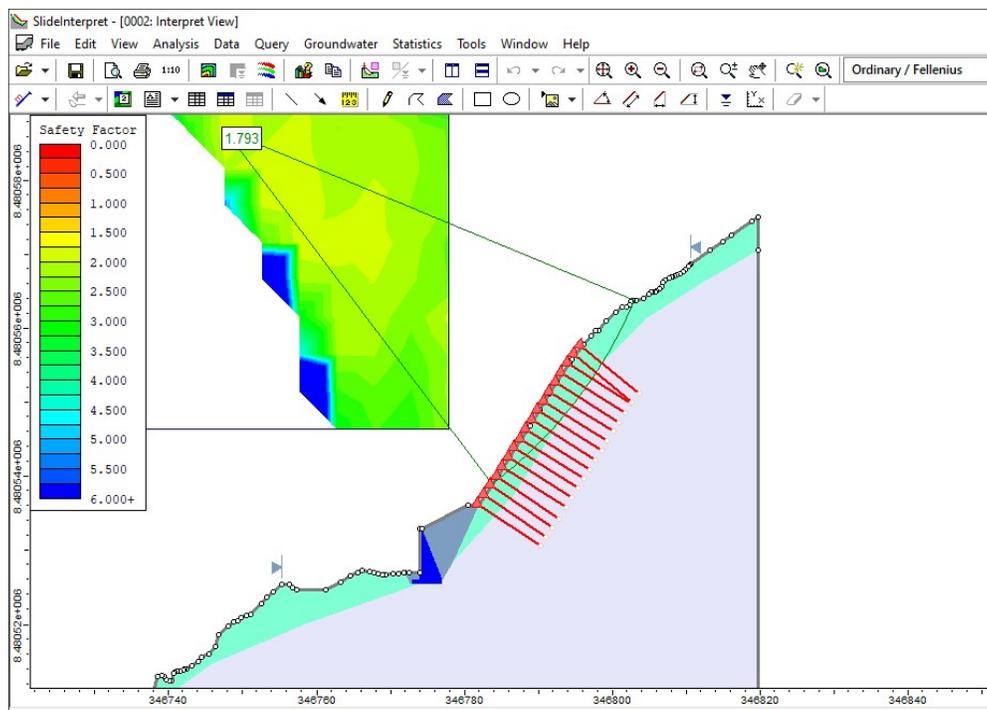
Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición estática.



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición pseudo-estática.

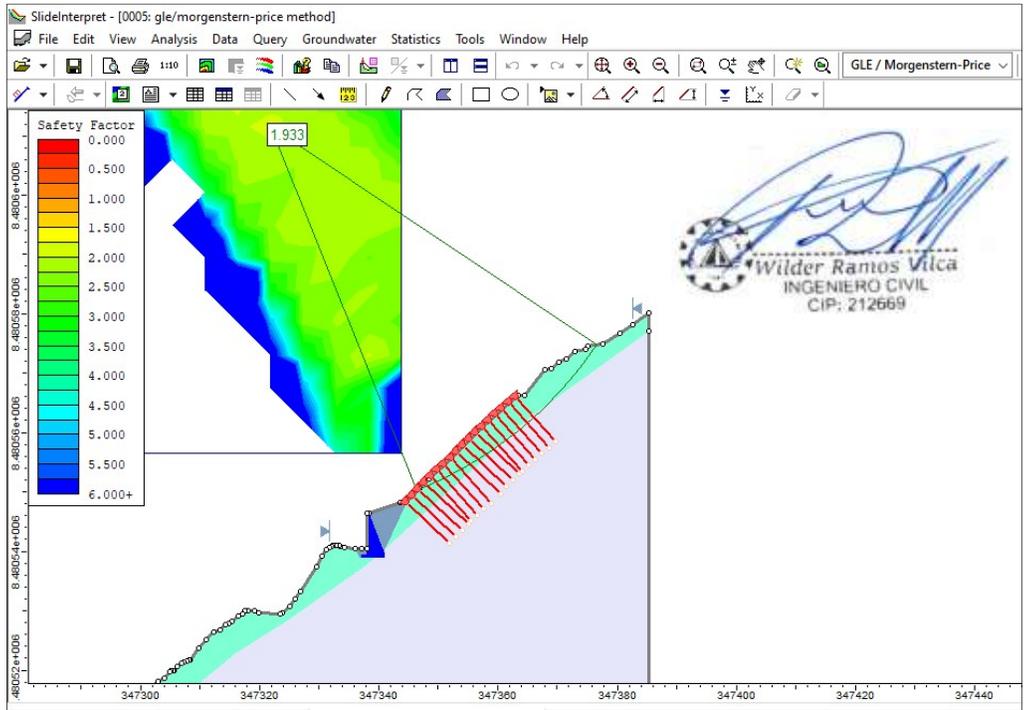
## Calculo del F.S. incluyendo las estructuras estabilizadores con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas.

Calculo de los F.S. incorporando las estructuras estabilizadoras combinadas con muros de contención con contrafuerte y mallas metálicas ancladas con pernos de 100 kn de soporte, los pernos estarán anclados a una profundidad de 10m desde la superficie del talud y estarán espaciadas a 1.50m x 1.50m, las mallas metálicas tendrán un soporte de 10kn/m<sup>2</sup>, estarán analizadas bajo condición estática y pseudo-estática, dicho análisis planteado fue calculado para los N = 17 taludes seleccionados, con fines de validar los resultados mostraremos algunos secciones.

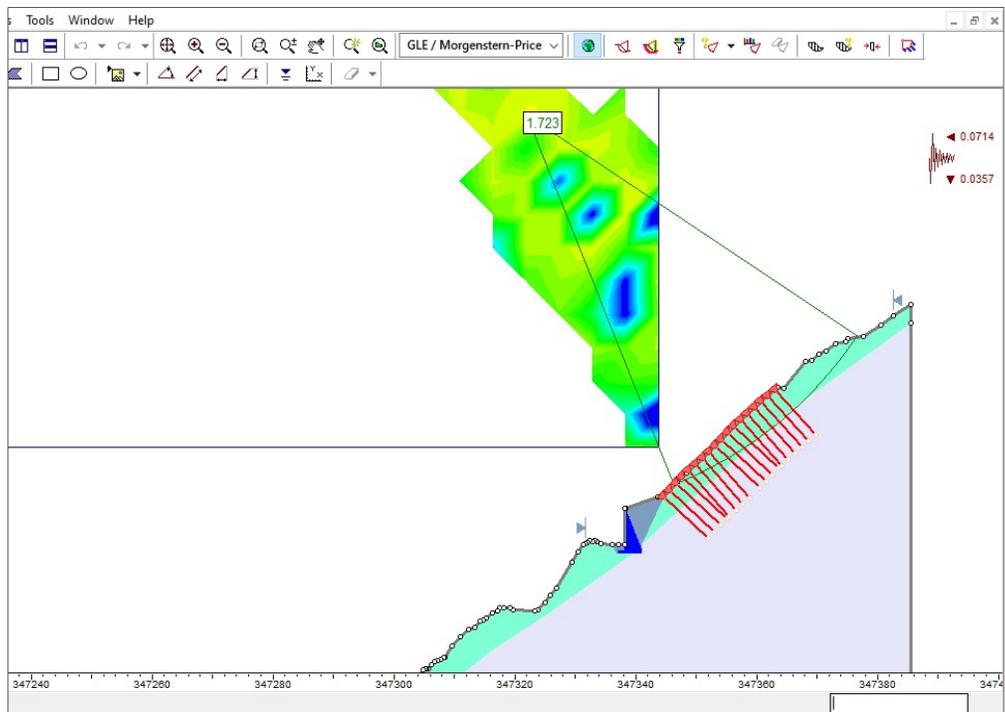


Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+770, analisis bajo condición estática.

  
Wilder Rantos Vilca  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212669



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición estática.



Calculo del factor de seguridad del talud ubicado en la prog.: 1+800, analisis bajo condición pseudo-estática.

## Anexo 9. Certificados de laboratorio de los ensayos



### HUMEDAD NATURAL MTC E 108-2000

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN – PUNO, 2021

PROGRESIVA : CALICATA 01

TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COIL

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A

PROFUND. : (0.00-2.00 M)

FECHA : 12/02/2022

DESCRIPCION		1	2	3	PROM.
1	SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	662.00			
2	SUELO SECO + RECIPIENTE	584.00			
3	PESO RECIPIENTE	0.00			
4	PESO DE AGUA	78.00			
5	PESO DE SUELO SECO	584.00			
6	CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.40			

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Puentes, Estructuras, Carreteras y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO EN CIVIL  
Reg. CIP 81732



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021

PROGRESIVA : CALICATA 01  
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
PROFOND. : (0.00-2.00 M)

TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COILA  
ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.  
FECHA : 12/02/2022

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial 3568.7 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fracción Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 46.39 %
1 1/2"	37.500	184.00	5.16	5.16	94.84		arena 33.07 %
1"	25.000	168.00	4.71	9.87	90.13		Fino 20.54 %
3/4"	19.000	252.00	7.06	16.93	83.07		W natural 13.40 %
1/2"	12.500	351.00	9.84	26.77	73.23		
3/8"	9.500	224.00	6.28	33.05	66.95		LIMITES DE CONSISTENCIA
No. 34	4.750	476.00	13.34	46.39	53.61		L.L. 28.87 %
No. 19	2.000	420.00	11.77	58.16	41.84		L.P. 25.68 %
No. 20	0.840	303.00	8.49	66.65	33.35		I.P. 2.40 %
No. 40	0.425	198.00	4.43	71.08	28.92		
No. 100	0.150	176.00	4.93	76.01	23.99		CLASIFICACION
No. 200	0.075	123.00	3.45	79.46	20.54		SUCS <b>SM</b>
<No. 200		1.337.74	20.54	100.0			AASHTO

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Estructuras, Pavimentos, Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81202



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

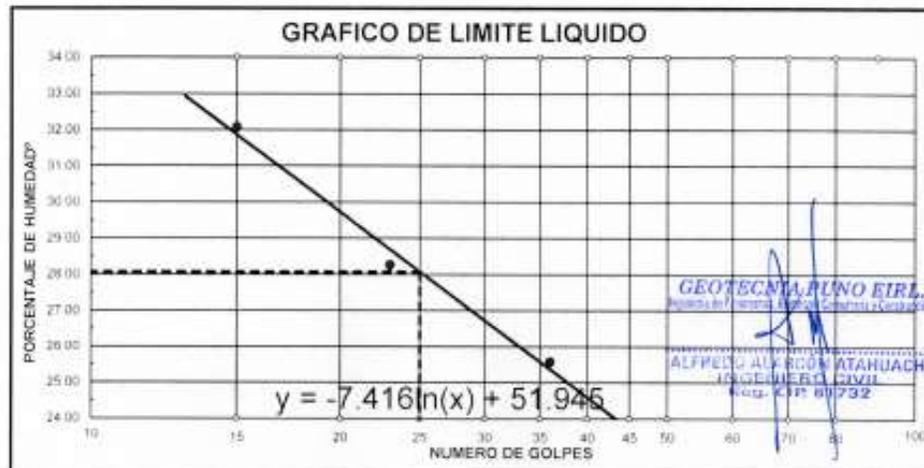
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



**PROYECTO** : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021  
**PROGRESIVA** : CALICATA 01  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUND.** : (0.00-2.00 M)  
**TESISTA** : VICTOR RAMIRO CASA COILA  
**ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A  
**FECHA** : 12/02/22

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	15	23	36	011	021
01 No DE GOLPES					
02 TARRO No	1	2	3		
03 SUELO HUMEDO * TARRO g	34.41	43.82	36.92	20.92	21.25
04 SUELO SECO * TARRO g	29.72	39.41	32.93	19.54	20.02
05 PESO DEL AGUA g	4.89	4.41	3.99	1.38	1.23
06 PESO DEL TARRO g	15.10	23.81	17.33	14.22	15.18
07 PESO DEL SUELO SECO g	14.62	15.60	15.60	5.32	4.84
08 HUMEDAD %	32.08	28.27	25.58	25.94	25.41
<b>L.L.= 28.07 %      L.P.= 25.68 %      I.P.= 2.40 %</b>					





## GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



**PROYECTO :** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA. SAN GABÁN – PUNO, 2021

**PROGRESIV :** CALICATA 01  
**MUESTRA :** TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUND. :** (0.00-2.00 M)

**TESISTA** VICTOR RAMIRO CASA COILA  
**ING. RESPN.** ALFREDO ALARCON A  
**FECHA** 12/02/2022

### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (ASTM C-128)

AGREGADO GRUESO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	864.0	776.0	792.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	567.0	498	509
C. Volumen de masa + volumen de vacios	cm <sup>3</sup>	317.0	278.0	283.0
D. Peso material seco	g	875.0	767.0	782.0
E. Volumen de masa	cm <sup>3</sup>	308.0	269.0	273.0
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.76	2.759	2.763
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.789</b>	<b>2.791</b>	<b>2.799</b>
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.841	2.851	2.864
I. Absorción	%	1.03	1.17	1.28

Promedio de Peso Especifico Bulk (base saturada)

**2.793**

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Ingeniería de Pavimentos y Obras de Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.O.T. 91732



## GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



### HUMEDAD NATURAL MTC E 108-2000

PROYECTO : ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABÁN – PUNO, 2021

PROGRESIVA : CALICATA 02

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : (0.00-2.00 M)

TESISTA. VICTOR RAMIRO CASA COIL

ING. RESPONS. ALFREDO ALARCON A

FECHA 12/02/2022

	DESCRIPCION	1	2	3	PROM.
1	SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	705.00			
2	SUELO SECO + RECIPIENTE	612.00			
3	PESO RECIPIENTE	0.00			
4	PESO DE AGUA	93.00			
5	PESO DE SUELO SECO	612.00			
6	CONTENIDO DE HUMEDAD %	<b>15.20</b>			

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Registro de Comercio y Consorcio y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.R. 81732



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO. 2021

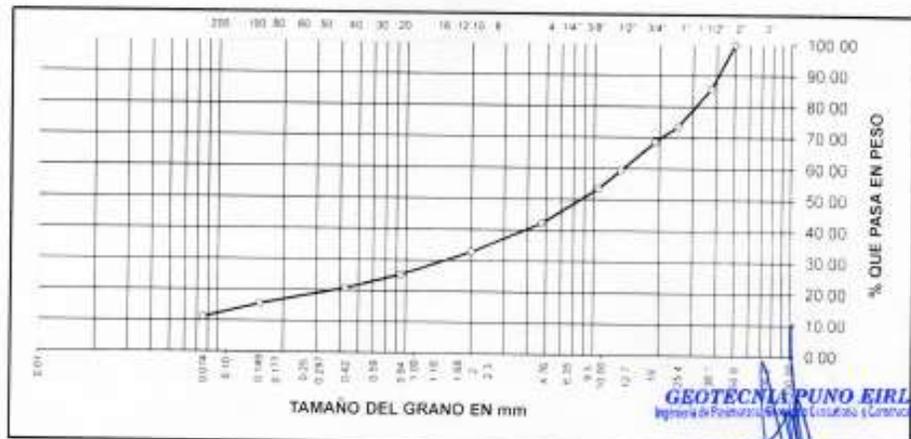
PROGRESIVA : CALICATA 02  
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
 PROFUND : (0.00-2.00 M)

TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COILA  
 ING. RESPONS : ALFREDO ALARCON A  
 FECHA : 12/02/2022

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial 5256 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fraccion Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 57.76 %
1 1/2"	37.500	751.00	14.29	14.29	85.71		Arena 31.05 %
1"	25.000	842.00	12.21	26.50	73.50		Fino 11.19 %
3/4"	19.000	253.00	4.81	31.31	68.69		W natural 15.20 %
1/2"	12.500	484.00	9.21	40.52	59.48		
3/8"	9.500	311.00	5.92	46.44	53.56		
LIMITES DE CONSISTENCIA							
No 64	4.750	595.00	11.32	57.76	42.24		LL 27.09 %
No 10	2.000	496.00	9.44	67.20	32.80		LP 25.91 %
No 20	0.840	398.00	7.57	74.77	25.23		IP 1.18 %
No 40	0.425	230.00	4.38	79.15	20.85		
No 100	0.150	274.00	5.21	84.36	15.64		
No 200	0.075	234.00	4.45	88.81	11.19		
<No 200		2.234.00	11.19	100.0			
CLASIFICACION							
							SUCS <b>GP-GM</b>
							AASHTO

### REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
 Ingeniería de Pavimentos, Estructuras y Construcción

**ALFREDO ALARCON ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP: 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
 alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

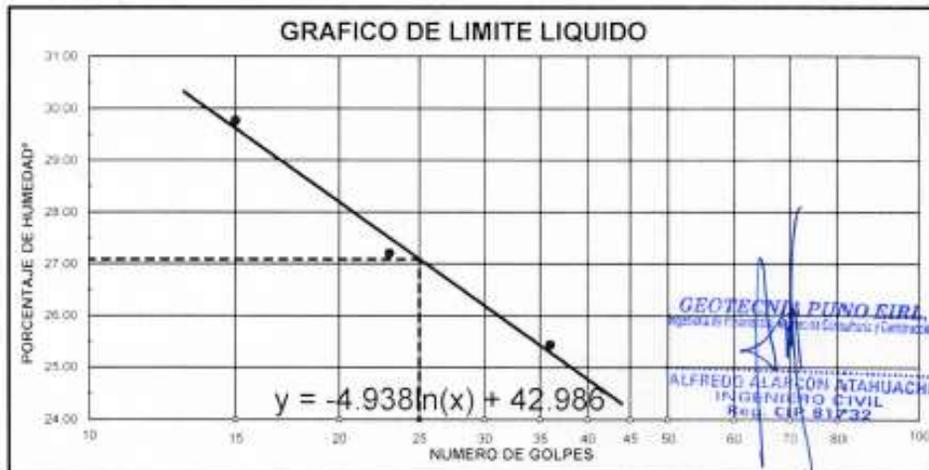
MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGIA DE MATERIALES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA - CONSULTARIA



**PROYECTO** : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO. 2021  
**PROGRESIVA** : CALICATA 02 **TESISTA:** VICTOR RAMIRO CASA COILA  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION **ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A.  
**PROFUND.** : (0.00-2.00 M) **FECHA :** 12/02/22

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	15	23	36	03T	04T
01. No DE GOLPES					
02. TARRO No	4	5	6		
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	37.71	34.81	38.21	21.92	22.25
04. SUELO SECO * TARRO g	32.62	30.62	34.42	20.34	20.62
05. PESO DEL AGUA g	5.09	4.19	3.79	1.58	1.63
06. PESO DEL TARRO g	15.52	15.22	19.52	14.25	14.32
07. PESO DEL SUELO SECO g	17.10	15.40	14.90	6.09	6.30
08. HUMEDAD %	29.77	27.21	25.44	25.94	25.87
L.L.=	27.09 %	L.P.=	25.91 %	I.P.=	1.18 %





# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



**PROYECTO :** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABÁN - PUNO. 2021

**PROGRESIV :** CALICATA 02

**TESISTA**

VICTOR RAMIRO CASA COILA

**MUESTRA :** TERRENO DE FUNDACION

**ING. RESPN.**

ALFREDO ALARCON A

**PROFUND. :** (0.00-2.00 M)

**FECHA**

12/02/2022

## GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

(ASTM C-128)

AGREGADO GRUESO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	821.0	548.0	581.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	401.0	355	375
C. Volumen de masa + volumen de vacios	cm <sup>3</sup>	220.0	193.0	206.0
D. Peso material seco	g	616.0	544.0	576.0
E. Volumen de masa	cm <sup>3</sup>	215.0	189.0	201.0
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.8	2.819	2.796
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.823</b>	<b>2.839</b>	<b>2.82</b>
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.865	2.878	2.866
I. Absorcion	%	0.81	0.74	0.87

Promedio de Peso Especifico Bulk (base saturada)

**2.827**

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Agencia de Estudios de Ingeniería Civil y Geotecnia

ALFREDO ALARCON ATANUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



## GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



### HUMEDAD NATURAL

MTC E 108-2000

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN – PUNO, 2021

PROGRESIVA : CALICATA 03

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : (0.00-2.00 M)

TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COIL

ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A

FECHA : 12/02/2022

DESCRIPCION	1	2	3	PROM.
1 SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	856.00			
2 SUELO SECO + RECIPIENTE	775.00			
3 PESO RECIPIENTE	0.00			
4 PESO DE AGUA	81.00			
5 PESO DE SUELO SECO	775.00			
6 CONTENIDO DE HUMEDAD %	10.50			

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Agencia de Ingeniería, Arquitectura, Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredatarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021

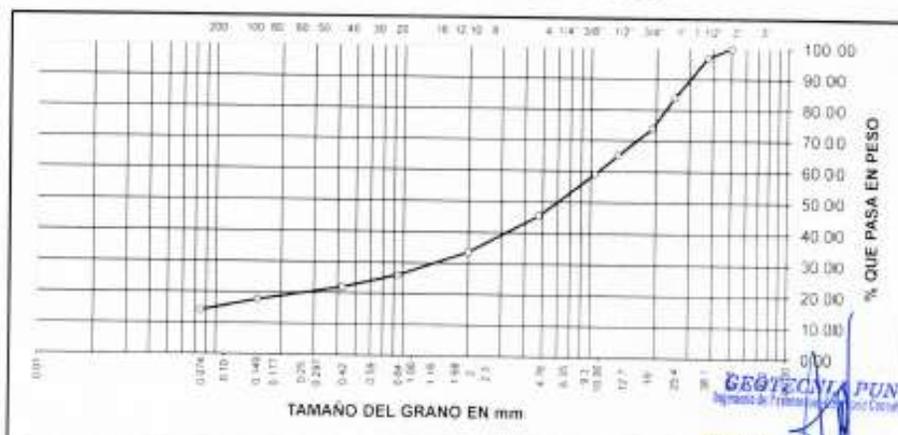
PROGRESIVA : CALICATA 03  
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACIÓN  
 PROFUND. : (0.00-2.00 M)

TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COILA  
 ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.  
 FECHA : 12/02/2022

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial 3748 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fraccion Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 54.53 %
1 1/2"	37.500	113.00	3.01	3.01	96.99		Arena 31.27 %
1"	25.000	467.00	12.99	16.00	84.00		Fino 14.20 %
3/4"	19.000	375.00	10.01	26.01	73.99		W natural 10.50 %
1/2"	12.500	334.00	8.91	34.82	65.08		
3/8"	9.500	220.00	5.87	40.79	59.21		LIMITES DE CONSISTENCIA
No. 04	4.750	515.00	13.74	54.53	45.47		LL 29.58 %
No. 10	2.000	440.00	11.74	66.27	33.73		LP 27.54 %
No. 20	0.840	285.00	7.63	73.90	26.10		IP 2.03 %
No. 40	0.425	150.00	4.00	77.90	22.10		
No. 100	0.150	161.00	4.30	82.20	17.80		CLASIFICACION
No. 200	0.075	135.00	3.60	85.80	14.20		SUCS <b>GM</b>
<No. 200		1.506.99	14.20	100.0			AASHTO

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
 Registro de Peritos Ingenieros de Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 81732



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

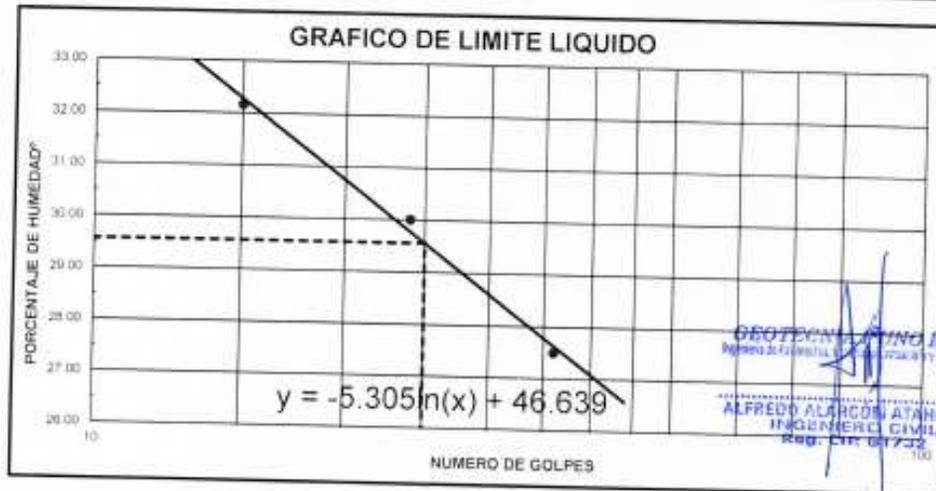
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO. 2021  
**PROGRESIVA:** CALICATA 03  
**MUESTRA:** TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUND.** (0.00-2.00 M)  
**TESISTA:** VICTOR RAMIRO CASA COILA  
**ING. RESP.:** ALFREDO ALARCON A.  
**FECHA:** 12/02/22

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	15	24	36	05T	06T
01. No DE GOLPES					
02. TARRO No	7	8	9		
03. SUELO HUMEDO * TARRO	38.51	35.75	36.51	23.82	24.82
04. SUELO SECO * TARRO	32.82	31.02	32.14	21.62	22.32
05. PESO DEL AGUA	5.59	4.73	4.37	2.00	2.50
06. PESO DEL TARRO	15.54	15.26	16.25	14.35	13.25
07. PESO DEL SUELO SECO	17.38	15.76	15.89	7.27	9.07
08. HUMEDAD	32.16	30.01	27.50	27.51	27.56
<b>L.L.= 29.56 %      L.P.= 27.54 %      I.P.= 2.03 %</b>					





# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



**PROYECTO :** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021

**PROGRESIV :** CALICATA 03

**MUESTRA :** TERRENO DE FUNDACION

**PROFUND. :** (0.00-2.00 M)

**TESISTA**

**ING. RESPN.**

**FECHA**

VICTOR RAMIRO CASA COILA

ALFREDO ALARCON A

12/02/2022

## GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (ASTM C-128)

AGREGADO GRUESO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	881.0	899.0	878.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	588.0	449	436
C. Volúmen de masa + volúmen de vacíos	cm <sup>3</sup>	313.0	250.0	242.0
D. Peso material seco	g	870.0	691.0	668.0
E. Volúmen de masa	cm <sup>3</sup>	302.0	242.0	232.0
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.764	2.76
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.815</b>	<b>2.796</b>	<b>2.802</b>
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.881	2.855	2.879
I. Absorción	%	1.26	1.16	1.50

Promedio de Peso Especifico Bulk (base saturada)

**2.804**

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Obras de Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIR 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



## GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



### HUMEDAD NATURAL

MTC E 108-2000

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN – PUNO, 2021

PROGRESIVA : CALICATA 04

TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COIL

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON A

PROFUND. : (0.00-2.00 M)

FECHA : 12/02/2022

DESCRIPCION	1	2	3	PROM.
1 SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	673.00			
2 SUELO SECO + RECIPIENTE	602.00			
3 PESO RECIPIENTE	0.00			
4 PESO DE AGUA	71.00			
5 PESO DE SUELO SECO	602.00			
6 CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.80			

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Negocio de Ingeniería, Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021

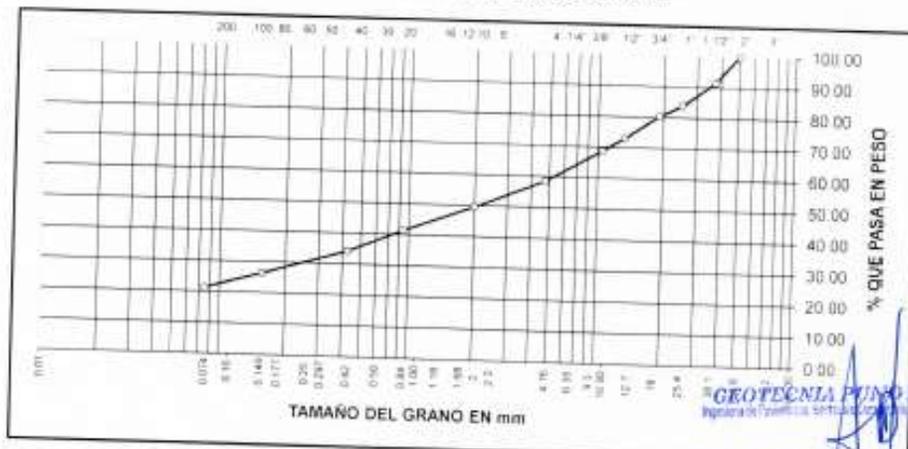
PROGRESIA : CALICATA 04  
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
 PROFUND. : (0.00-2.00 M)

TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COILA  
 ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.  
 FECHA : 12/02/2022

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial 3827.9 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso vaccon Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 41.44 %
1 1/2"	37.500	323.00	8.44	8.44	91.56		Arena 37.28 %
1"	25.000	297.00	7.76	16.20	83.80		Fino 21.28 %
3/4"	19.000	128.00	3.34	19.54	80.46		W natural 11.80 %
1/2"	12.500	285.00	7.45	25.99	73.01		
3/8"	9.500	163.00	4.26	31.25	68.75		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4.750	390.00	10.19	41.44	58.56		LL 30.43 %
No 10	2.000	342.00	8.93	50.37	49.63		LP 25.41 %
No 20	0.840	318.00	8.31	58.68	41.32		IP 4.02 %
No 40	0.425	272.00	7.11	65.79	34.21		
No 100	0.150	301.00	7.86	73.65	26.35		CLASIFICACION
No 200	0.075	194.00	5.07	78.72	21.28		SUCS SC-SM
<No 200		1.562.90	21.28	100.0			AASHTO

### REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
 Ingeniería de Suelos y Obras de Infraestructura

ALFREDO ALARCON ALARCON  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP: 61732



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

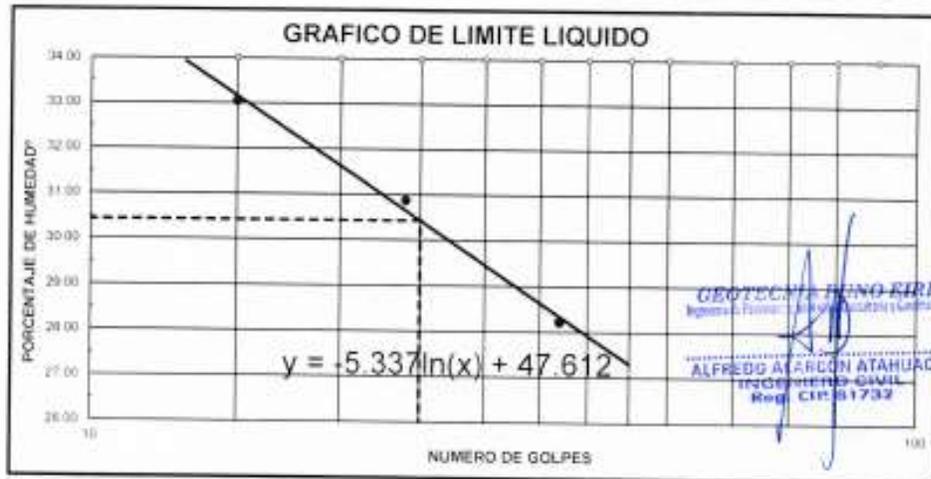
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021  
**PROGRESIVA:** CALICATA 04  
**MUESTRA:** TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUND.:** (0.00-2.00 M)  
**TESISTA:** VICTOR RAMIRO CASA COILA  
**ING. RESP.:** ALFREDO ALARCÓN A.  
**FECHA:** 12/02/22

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
01. No. DE GOLPES		15	24	37	
02. TARRO No.		10	11	12	
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	36.23	35.96	32.32	07T, 06T
04. SUELO SECO * TARRO	g	31.16	31.13	28.62	26.62, 26.92
05. PESO DEL AGUA	g	5.07	4.85	3.70	24.06, 24.16
06. PESO DEL TARRO	g	15.82	15.42	15.51	2.56, 2.76
07. PESO DEL SUELO SECO	g	15.34	15.71	13.11	14.42, 13.65
08. HUMEDAD	%	33.05	30.87	28.22	9.64, 10.51
<b>L.L.= 30.43 %      L.P.= 26.41 %      I.P.= 4.02 %</b>					





# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



**PROYECTO :** ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA. SAN GABÁN – PUNO, 2021

**PROGRESIV :** CALICATA 04

**MUESTRA :** TERRENO DE FUNDACION

**PROFUND. :** (0.00-2.00 M)

**TESISTA**  
**ING. RESPN.**  
**FECHA**

VICTOR RAMIRO CASA COILA  
ALFREDO ALARCON A  
12/02/2022

## GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (ASTM C-128)

AGREGADO GRUESO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	881.0	899.0	878.0
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	558.0	449	436
C. Volumen de masa + volumen de vacios	cm <sup>3</sup>	313.0	250.0	242.0
D. Peso material seco	g	870.0	591.0	868.0
E. Volumen de masa	cm <sup>3</sup>	302.0	242.0	232.0
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.764	2.76
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.815</b>	<b>2.796</b>	<b>2.802</b>
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.881	2.855	2.879
I. Absorción	%	1.26	1.16	1.50

Promedio de Peso Especifico Bulk (base saturada)

**2.804**

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Agencia de Estudios, Consultas y Laboratorio

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABÁN - PUNO - 2021

PROGRESIVA : CALICATA Nº 01

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m

FECHA : 15/02/22

Estado de la muestra : Remojado

Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5

Clasificación SUCS : SM

ESPECIMEN 01 0.50 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 02 1.00 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 03 2.00 kg/cm <sup>2</sup>			
Deflexión Tangencial (mm)	Dist de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deflexión Tangencial (mm)	Dist de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deflexión Tangencial (mm)	Dist de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	20.00	2.804	0.143	0.10	45.00	7.007	0.357	0.10	82.00	11.849	0.593
0.20	26.00	3.648	0.186	0.20	54.00	7.722	0.383	0.20	87.00	12.572	0.640
0.30	32.00	4.406	0.226	0.30	60.00	8.580	0.437	0.30	93.00	13.439	0.684
0.40	37.00	5.291	0.285	0.40	65.00	9.295	0.473	0.40	98.00	14.761	0.721
0.60	44.00	6.292	0.320	0.60	75.00	10.838	0.552	0.60	108.00	15.606	0.795
0.80	50.00	7.150	0.364	0.80	82.00	11.849	0.603	0.80	115.00	16.618	0.840
1.00	56.00	8.008	0.408	1.00	88.00	12.716	0.648	1.00	121.00	17.485	0.890
1.25	62.00	8.886	0.452	1.25	93.00	13.439	0.684	1.25	126.00	18.207	0.927
1.50	67.00	9.581	0.488	1.50	99.00	14.306	0.729	1.50	132.00	19.074	0.971
1.75	71.00	10.280	0.523	1.75	102.00	14.739	0.751	1.75	135.00	19.508	0.994
2.00	74.00	10.893	0.545	2.00	104.00	15.028	0.765	2.00	137.00	19.797	1.008
2.25	73.00	10.924	0.550	2.25	101.00	14.955	0.743	2.25	134.00	19.363	0.986
2.50	70.00	10.115	0.515	2.50	99.00	14.306	0.729	2.50	132.00	19.074	0.971
2.75	67.00	9.581	0.488	2.75	96.00	13.872	0.706	2.75	128.00	18.641	0.945
3.00	63.00	9.009	0.459	3.00	92.00	13.294	0.677	3.00	125.00	18.063	0.920
3.50	57.00	8.151	0.415	3.50	87.00	12.572	0.640	3.50	120.00	17.340	0.883
4.00	51.00	7.293	0.371	4.00	82.00	11.849	0.603	4.00	115.00	16.618	0.846
4.50	46.00	6.578	0.336	4.50	78.00	11.271	0.574	4.50	111.00	16.040	0.817
5.00	43.00	6.145	0.313	5.00	74.00	10.893	0.545	5.00	107.00	15.482	0.787
5.50	41.00	5.883	0.299	5.50	71.00	10.280	0.523	5.50	104.00	15.028	0.765
6.00	38.00	5.434	0.277	6.00	67.00	9.581	0.488	6.00	100.00	14.450	0.738
6.50	36.00	5.145	0.262	6.50	63.00	9.009	0.459	6.50	97.00	14.072	0.719

GRUPO EDUCATIVO EPR  
Instituto de Estudios Científicos, Tecnológicos y de Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

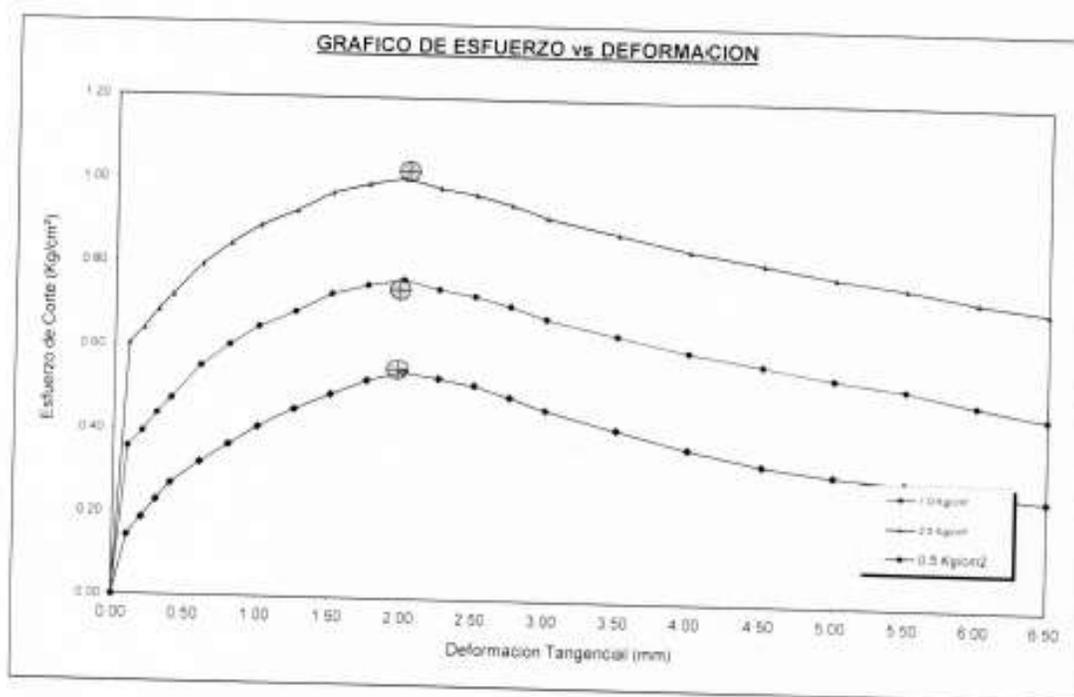
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021  
PROGRESIVA : CALICATA N° 01  
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m  
FECHA : 13/02/22

Estado de la muestra : Remoldeado  
Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5  
Clasificación SUCS : SM



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Ingeniería, Topografía, Geotecnia, Construcción y Laboratorio

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA

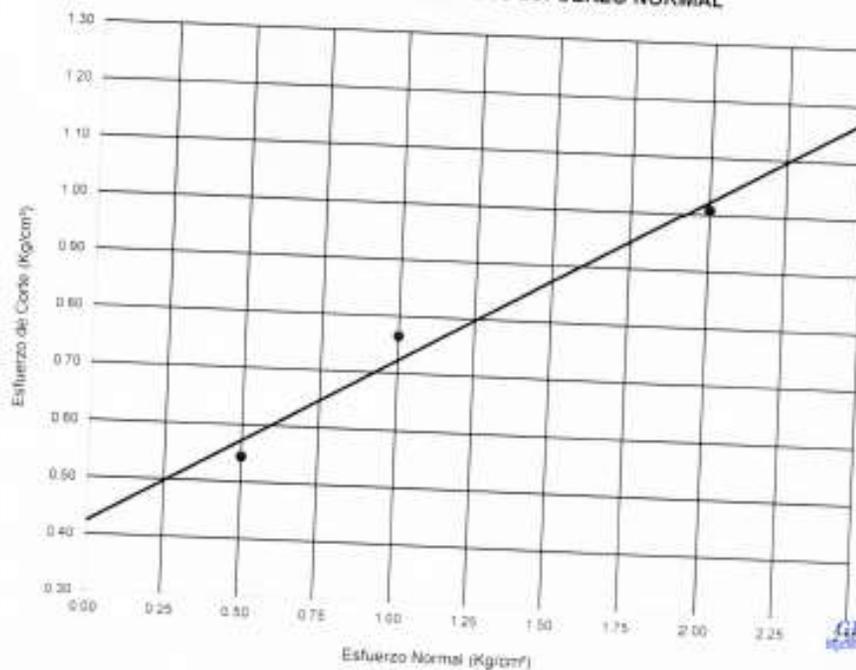


## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORAS DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021  
**PROGRESIVA** : CALICATA N° 01  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUNDIDAD** : 0.00-2.00 m  
**FECHA** : 13/02/22

**Estado de la muestra** : Remoldeado  
**Veloc. Ensayo (mm/min)** : 0.5  
**Clasificación SUCS** : SM

GRAFICO DE ESFUERZO DE CORTE vs ESFUERZO NORMAL



GEOTECNIA PUNO EIRL  
 ALFREDO ALARCON ATAHUACI  
 INGENIERO CIVIL  
 R.U.C. C/P. 81732

Especimen	I	II	III
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte (Kgs/cm <sup>2</sup> )	0.5446	0.7654	1.0082
Humedad (%)			
Densidad húmeda			

Resultados:	
Angulo de Fricción Interna	16.68
Cohesión (Kgs/cm <sup>2</sup> )	



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABAN - PUNO 2021

PROGRESIVA : CALICATA N° 02

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m

FECHA : 13/02/22

Estado de la muestra : Ramificado

Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5

Clasificación SUCS : GP-GM

ESPECIMEN 01 0.50 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 02 1.00 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 03 2.00 kg/cm <sup>2</sup>			
Deflexión Tangencial (mm)	Dist. de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deflexión Tangencial (mm)	Dist. de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deflexión Tangencial (mm)	Dist. de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	21.00	2.944	0.150	0.10	41.00	3.863	0.200	0.10	89.00	12.861	0.655
0.20	29.00	3.505	0.179	0.20	51.00	7.293	0.371	0.20	93.00	13.439	0.684
0.30	30.00	4.206	0.214	0.30	57.00	8.151	0.416	0.30	102.00	14.739	0.751
0.40	34.00	4.797	0.243	0.40	62.00	8.868	0.452	0.40	111.00	16.040	0.817
0.60	39.00	5.577	0.284	0.60	72.00	10.404	0.530	0.60	119.00	17.196	0.876
0.80	43.00	6.149	0.313	0.80	78.00	11.271	0.574	0.80	125.00	18.053	0.920
1.00	49.00	7.007	0.357	1.00	85.00	12.283	0.626	1.00	132.00	19.074	0.971
1.25	59.00	8.437	0.430	1.25	89.00	12.861	0.656	1.25	141.00	20.417	1.040
1.50	64.00	9.152	0.465	1.50	96.00	13.872	0.706	1.50	150.00	21.720	1.106
1.75	69.00	9.867	0.503	1.75	99.00	14.306	0.729	1.75	156.00	22.589	1.150
2.00	71.00	10.280	0.523	2.00	101.00	14.598	0.743	2.00	157.00	22.794	1.158
2.25	68.00	9.724	0.495	2.25	98.00	14.161	0.721	2.25	150.00	22.010	1.121
2.50	65.00	9.295	0.473	2.50	96.00	13.872	0.706	2.50	147.00	21.396	1.084
2.75	62.00	8.866	0.452	2.75	91.00	13.150	0.670	2.75	143.00	20.706	1.055
3.00	56.00	8.008	0.408	3.00	86.00	12.427	0.633	3.00	139.00	20.127	1.026
3.50	52.00	7.438	0.379	3.50	82.00	11.849	0.603	3.50	134.00	19.363	0.988
4.00	48.00	6.978	0.335	4.00	79.00	11.416	0.581	4.00	131.00	18.830	0.964
4.50	41.00	6.863	0.299	4.50	75.00	10.838	0.552	4.50	126.00	18.207	0.927
5.00	38.00	6.434	0.277	5.00	73.00	10.549	0.537	5.00	122.00	17.629	0.898
5.50	36.00	6.148	0.262	5.50	68.00	9.724	0.495	5.50	120.00	17.340	0.883
6.00	33.00	4.627	0.236	6.00	62.00	8.868	0.452	6.00	113.00	16.329	0.832
6.50	31.00	4.346	0.221	6.50	59.00	8.437	0.430	6.50	110.00	15.895	0.810

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Ingeniería de Pavimentos, Cimentación y Construcción

ALFREDO ALFONSO ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



## GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - ENSEÑANZA - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA

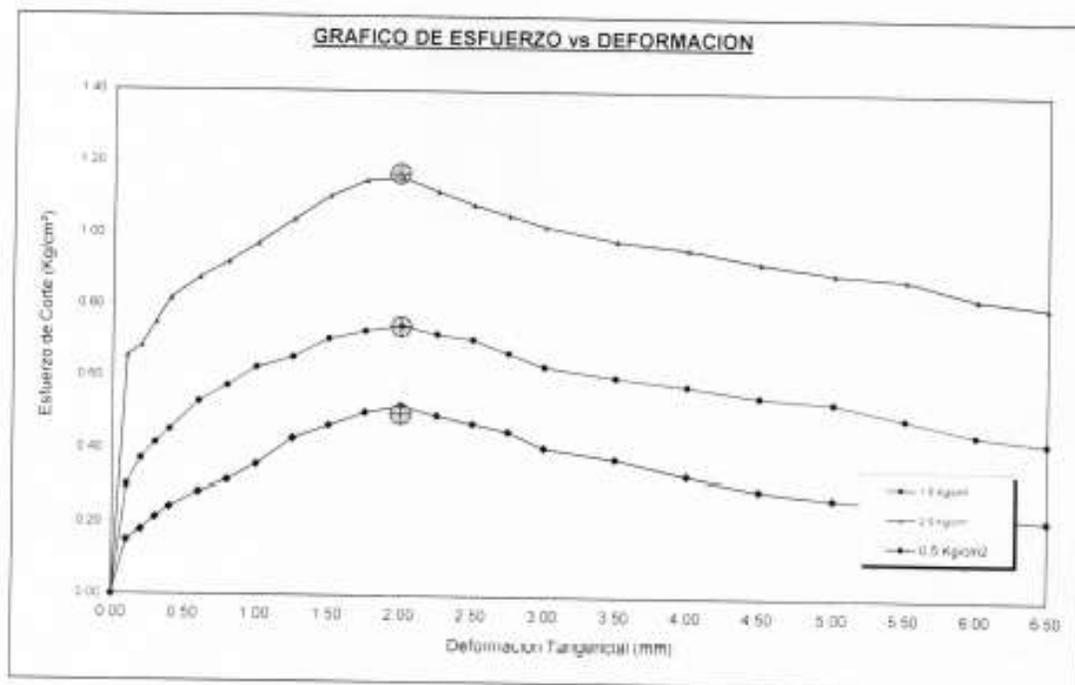


### ENSAJO DE CORTE DIRECTO

(ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021  
PROGRESIVA : CALICATA N° 02  
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m  
FECHA : 13/02/22

Estado de la muestra : Remoldeado  
Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5  
Clasificación SUCS : GP-GM



GEOTECNIA PUNO KIRL.  
Empresa de Proyectos, Análisis y Consultoría

ALFREDO ALARCÓN ARAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81722

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

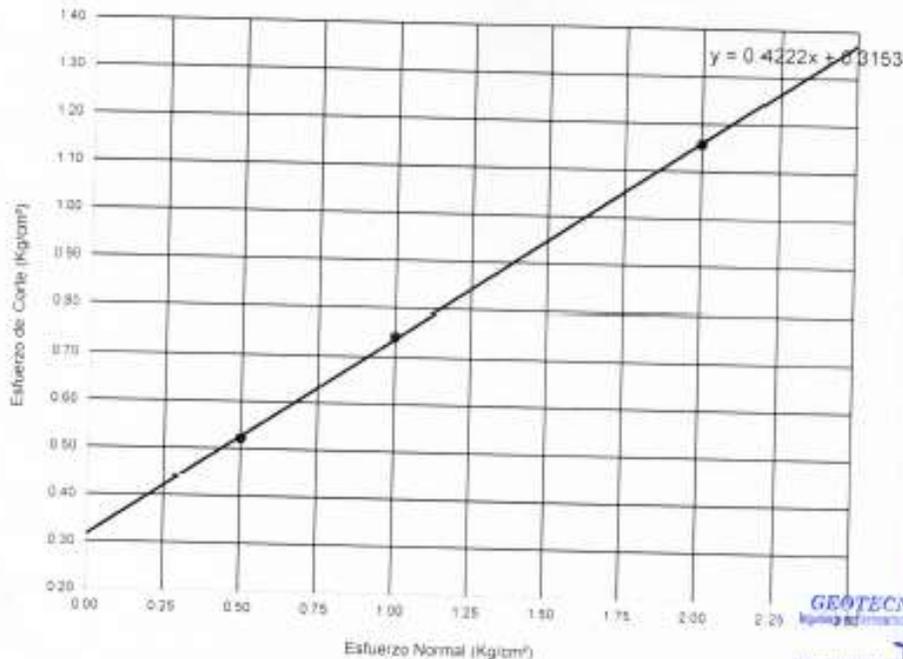


## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021  
**PROGRESIVA** : CALICATA Nº 02  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUNDIDAD** : 0.00-2.00 m  
**FECHA** : 13/02/22

**Estado de la muestra** : Remoldeado  
**Veloc. Ensayo (mm/min)** : 0.5  
**Clasificación SUCS** : GP-GM

GRAFICO DE ESFUERZO DE CORTE vs ESFUERZO NORMAL



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Estructuras, Laboratorio y Calceados

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACH  
INGENIERO CIVIL  
Reg. Cel. 81732

Especimen	I	II	III
Esfuerzo normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5225	0.7435	1.1578
Humedad (%)			
Densidad húmeda (grs/cm <sup>3</sup> )			

Resultados:	
Ángulo de Fricción Interna	22.89
Cohesión (Kgs/cm <sup>2</sup> )	0.315



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABAN - PUNO 2021

PROGRESIVA : CALICATA N° 03

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m

FECHA : 12/02/22

Estado de la muestra : Remoldeado

Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5

Clasificación SUCS : GM

ESPECIMEN 01 0.50 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 02 1.00 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 03 2.00 kg/cm <sup>2</sup>			
Deformación Tangencial (mm)	Distal de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Tangencial (mm)	Distal de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Tangencial (mm)	Distal de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	27.00	3.785	0.190	0.10	58.00	8.294	0.422	0.10	102.00	14.739	0.751
0.20	31.00	4.346	0.221	0.20	66.00	9.724	0.495	0.20	112.00	16.184	0.824
0.30	36.00	5.148	0.262	0.30	74.00	10.693	0.545	0.30	121.00	17.485	0.896
0.40	40.00	5.720	0.291	0.40	79.00	11.416	0.581	0.40	130.00	18.736	0.957
0.60	45.00	6.435	0.328	0.60	89.00	12.861	0.655	0.60	138.00	19.941	1.016
0.80	49.00	7.007	0.357	0.80	95.00	13.728	0.699	0.80	144.00	20.851	1.082
1.00	55.00	7.895	0.401	1.00	102.00	14.739	0.751	1.00	151.00	21.865	1.114
1.25	65.00	9.285	0.473	1.25	108.00	15.317	0.780	1.25	160.00	23.168	1.180
1.50	70.00	10.115	0.515	1.50	113.00	16.329	0.832	1.50	169.00	24.471	1.248
1.75	75.00	10.839	0.552	1.75	118.00	16.763	0.854	1.75	179.00	25.375	1.290
2.00	77.00	11.127	0.567	2.00	118.00	17.051	0.868	2.00	178.00	25.520	1.300
2.25	74.00	10.693	0.545	2.25	115.00	16.516	0.846	2.25	171.00	24.781	1.261
2.50	71.00	10.260	0.523	2.50	113.00	16.329	0.832	2.50	166.00	24.037	1.224
2.75	68.00	9.724	0.495	2.75	108.00	15.605	0.795	2.75	162.00	23.456	1.195
3.00	62.00	8.896	0.452	3.00	103.00	14.884	0.758	3.00	158.00	22.878	1.165
3.50	58.00	8.294	0.422	3.50	99.00	14.308	0.729	3.50	153.00	22.154	1.126
4.00	52.00	7.436	0.379	4.00	96.00	13.872	0.706	4.00	150.00	21.720	1.106
4.50	47.00	6.721	0.342	4.50	92.00	13.294	0.677	4.50	145.00	20.996	1.069
5.00	44.00	6.292	0.320	5.00	90.00	13.005	0.662	5.00	141.00	20.417	1.040
5.50	42.00	6.005	0.308	5.50	85.00	12.283	0.628	5.50	139.00	20.127	1.025
6.00	39.00	5.677	0.294	6.00	79.00	11.416	0.581	6.00	132.00	19.074	0.971
6.50	37.00	5.291	0.269	6.50	76.00	10.962	0.555	6.50	129.00	18.641	0.949

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Ingeniería de Pavimentos, Asfalto y Construcción

ALFREDO RIVERA ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
RUC - CTR 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

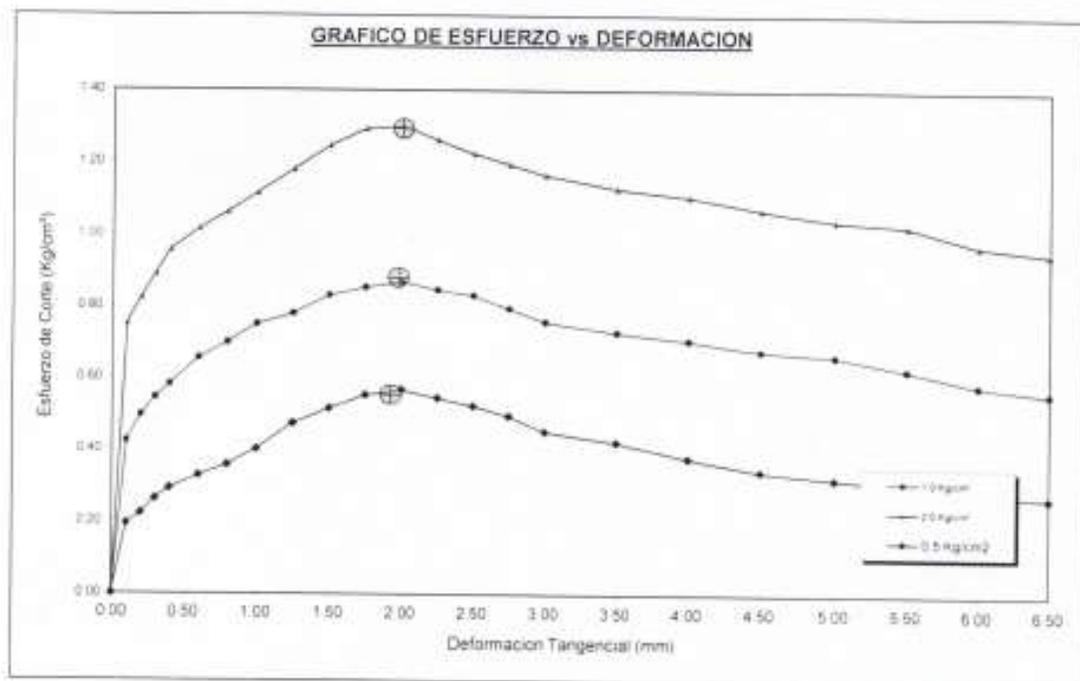
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABÁN - PUNO, 2021  
PROGRESIVA : CALICATA N° 03  
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m  
FECHA : 12/02/22

Estado de la muestra : Remoldeado  
Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5  
Clasificación SUCS : GM



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Nº de Colegiado: 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TECNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABAN - PUNO 2021

PROGRESIVA : CALICATA N° 03

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m

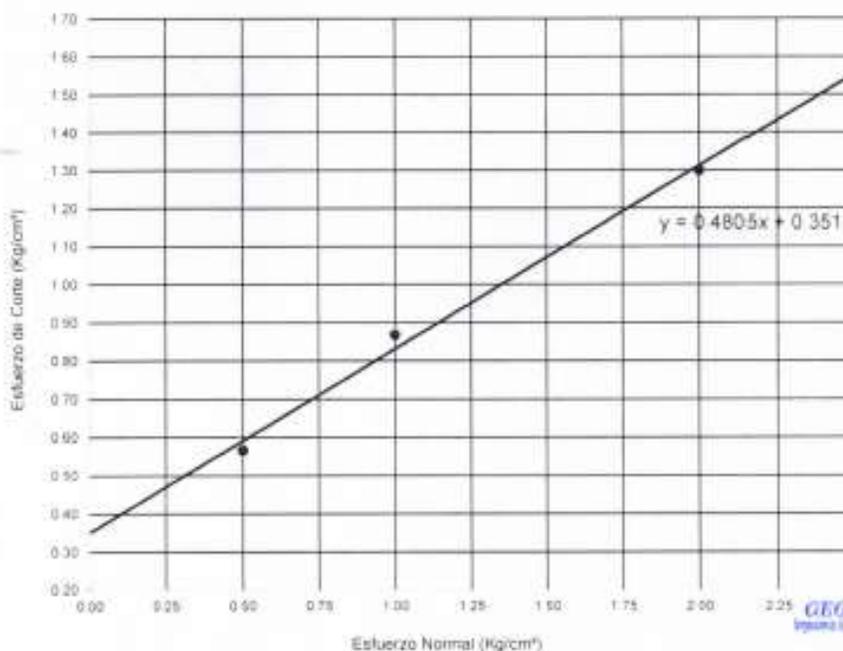
FECHA : 12/02/22

Estado de la muestra : Remoldeado

Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5

Clasificación SUCS : GM

GRAFICO DE ESFUERZO DE CORTE vs ESFUERZO NORMAL



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ing. Alfredo Anarcon Atahuachi

ALFREDO ANARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

Especimen	I	II	III
Esfuerzo normal (Kg/cm²)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte (Kg/cm²)	0.5667	0.8684	1.2997
Humedad (%)			
Plasticidad (grain)			

Resultados:	
Angulo de Fricción Interna	25.66
Cohesion (Kg/cm²)	0.351

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABAN - PUNO. 2021

PROGRESIVA : CALICATA N° 04

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m

FECHA : 13/02/22

Estado de la muestra : Remoñado

Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5

Clasificación SUCS : SC-SM

ESPECIMEN 01 0.50 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 02 1.00 kg/cm <sup>2</sup>				ESPECIMEN 03 2.00 kg/cm <sup>2</sup>			
Deflexión Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deflexión Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Deflexión Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	27.00	3.765	0.193	0.10	66.00	8.008	0.408	0.10	77.00	11.127	0.567
0.20	34.00	4.767	0.243	0.20	83.00	9.009	0.459	0.20	87.00	12.572	0.640
0.30	36.00	5.577	0.284	0.30	89.00	9.887	0.503	0.30	89.00	14.308	0.728
0.40	45.00	6.435	0.328	0.40	74.00	10.693	0.545	0.40	108.00	15.608	0.795
0.60	54.00	7.722	0.393	0.60	64.00	12.138	0.618	0.60	116.00	16.792	0.854
0.80	56.00	8.294	0.422	0.80	90.00	13.005	0.662	0.80	122.00	17.629	0.898
1.00	64.00	9.152	0.466	1.00	97.00	14.017	0.714	1.00	129.00	18.641	0.948
1.25	70.00	10.155	0.515	1.25	103.00	14.884	0.758	1.25	138.00	19.941	1.016
1.50	75.00	10.838	0.552	1.50	108.00	15.606	0.795	1.50	148.00	21.141	1.077
1.75	78.00	11.418	0.581	1.75	111.00	16.040	0.817	1.75	150.00	21.720	1.106
2.00	82.00	11.849	0.603	2.00	113.00	16.329	0.832	2.00	151.00	21.885	1.114
2.25	79.00	11.418	0.581	2.25	110.00	15.895	0.810	2.25	146.00	21.141	1.077
2.50	78.00	10.982	0.559	2.50	108.00	15.406	0.795	2.50	141.00	20.417	1.040
2.75	73.00	10.949	0.557	2.75	105.00	15.173	0.773	2.75	137.00	19.797	1.008
3.00	89.00	9.867	0.503	3.00	101.00	14.595	0.743	3.00	133.00	19.219	0.979
3.50	83.00	9.009	0.459	3.50	94.00	13.583	0.692	3.50	128.00	18.498	0.942
4.00	57.00	8.161	0.415	4.00	91.00	13.150	0.670	4.00	125.00	18.083	0.920
4.50	52.00	7.436	0.379	4.50	87.00	12.572	0.640	4.50	120.00	17.340	0.883
5.00	46.00	7.007	0.357	5.00	80.00	12.283	0.626	5.00	118.00	16.762	0.854
5.50	47.00	6.721	0.343	5.50	82.00	11.849	0.603	5.50	114.00	16.473	0.838
6.00	44.00	6.292	0.320	6.00	76.00	10.982	0.559	6.00	107.00	15.462	0.787
6.50	42.00	6.008	0.308	6.50	73.00	10.949	0.557	6.50	104.00	15.028	0.765

GEO TECNIA S.A.S. SUCS EIRL  
Agencia de Ingeniería, Construcción y Mantenimiento

ALFREDO REYES ATARUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

JR. TIAHUANACO H.17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

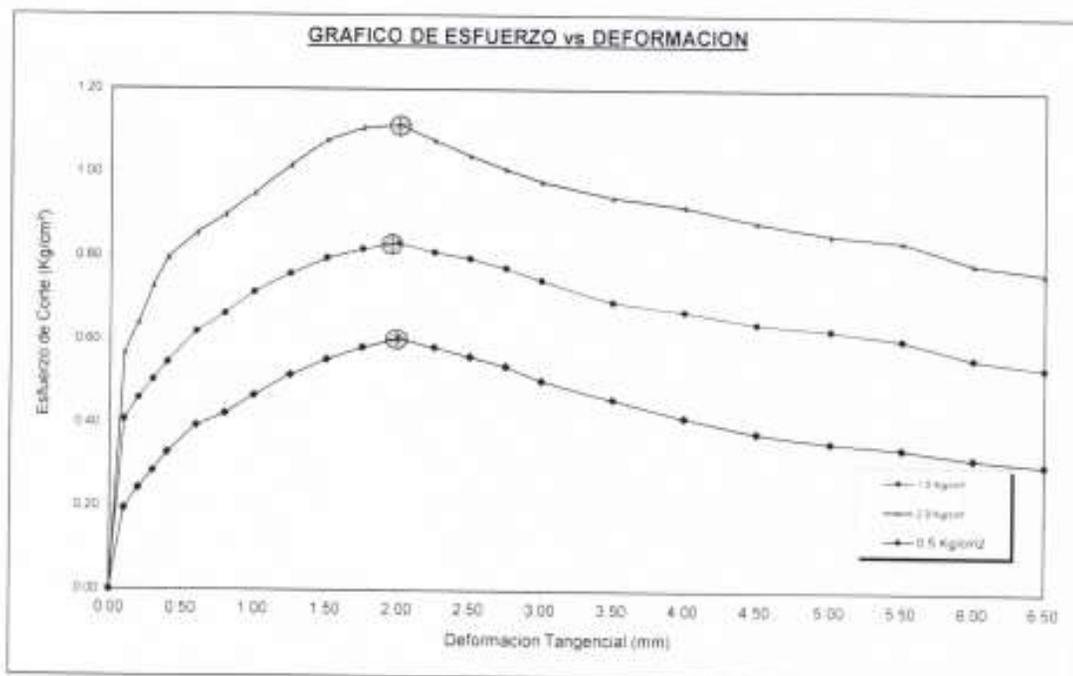
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN - PUNO 2021  
PROGRESIVA : **CALICATA N° 04**  
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
PROFUNDIDAD : 0.00-2.00 m  
FECHA : 13/02/22

Estado de la muestra : Remoldeado  
Veloc. Ensayo (mm/min) : 0.5  
Clasificación SUCS : SC-SM



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
Ingeniería de Suelos y Pavimentos

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

JR. TIAHUANACO H.17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA

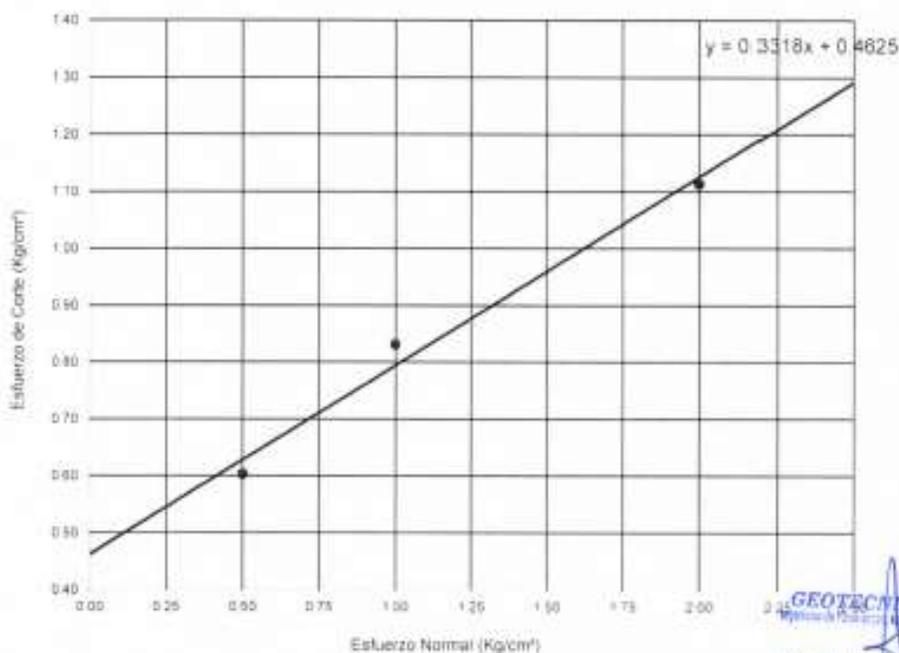


## ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D3080-98)

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABAN - PUNO 2021  
**PROGRESIVA** : CALICATA N° 04  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUNDIDAD** : 0.00-2.00 m  
**FECHA** : 13/02/22

**Estado de la muestra** : Remoldeado  
**Veloc. Ensayo (mm/min)** : 0.5  
**Clasificación SUCS** : SC-SM

GRAFICO DE ESFUERZO DE CORTE vs ESFUERZO NORMAL



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
 Ingeniería Profesional en Geotecnia y Construcción  
 ALFREDO RIVERA ATANUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 N.º de CIP 91732

Especimen	I	II	III
Esfuerzo normal (Kg/cm²)	0.50	1.00	2.00
Esfuerzo de corte (Kg/cm²)	0.6035	0.8316	1.1136
Humedad (%)			
Densidad húmeda (grs/cm³)			

Resultados:	
Angulo de Fricción Interna	18.36
Cohesión (Kg/cm²)	0.463



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



**OBRA** : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELÉCTRICA SAN GABÁN – PUNO, 2021

**CANTERA** : SUELO DE FUNDACION

**TESISTA** : VICTOR RAMIRO CASA COILA

**MUESTRA** : SUELO NATURAL

**ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON A.

**UBICACIÓN** : SAN GABAN

## PESO UNITARIO

Fecha	10/02/2022	10/02/2022	10/02/2022	10/02/2022		
Capa	TERR NAT	TERR NAT	TERR NAT	TERR NAT		
Calicata	CALICATA	CALICATA	CALICATA	CALICATA		
N°	1	2	3	4		
Ubicación						
<b>DENSIDAD NATURAL DE CAMPO</b> ASTM D-1556						
1	Peso del Frasco + Arena gr	7206	7196	7184	7172	
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2198	2236	2158	2384	
3	Peso de la Arena empleada gr	5008	4962	5028	4808	
4	Peso de la Arena del cono gr	1508	1508	1508	1508	
5	Peso de la Arena del hueco gr	3500	3454	3520	3300	
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.39	1.39	1.39	1.39	
7	Volumen del hueco cc	2516.0	2484.9	2532.4	2374.1	
8	Peso del Terro + Suelo + Grava gr	4826	4832	4932	4591	
9	Peso del Terro gr	0	0	0	0	
10	Peso del Suelo + Grava gr	4826	4832	4932	4591	
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	894	1251	1024	961	
12	% Grava 3/4" gr	18.5	25.9	20.6	20.9	
13	Peso especifico de la grava gr/cc	2.54	2.54	2.53	2.54	
14	Volumen de la grava cc	352.0	492.5	404.7	378.3	
15	Peso del suelo gr	3932	3581	3908	3630	
16	Volumen del suelo cc	2166.0	1992.4	2127.6	1995.8	
17	Densidad natural humeda gr/cc	1.82	1.80	1.84	1.82	

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Fundaciones, Obras de Infraestructura y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

JR. TIAHUANACO H. 17 URBANIZACIÓN RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744





# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



**PROYECTO** : ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABAN - PUNO 2021  
**PROGRESIVA** : CALICATA N° 02 **TESISTA** : VICTOR RAMIRO CASA COILA  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION **ING. RESPONS.** : ALFREDO ALARCON A  
**PROFUNDID** : 0.00-3.00 m **FECHA** : 12/2/22

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROF (m)	SIMBOLOGIA	ESPESOR	W NAT (%)	LL (%)	IP (%)	SUCS	DESCRIPCION
0.10		0.2	X	X	X	X	Capa superior organica
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00							
1.10		0.90	15.20	27.05	1.18	GP-GM	Grava mal graduada con limo de color verde oscuro de características compactas y de formas subangulosas.
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60							
1.70							
1.80							
1.90							
2.00							
2.10							
2.20							
2.30							
2.40							
2.50							
2.60							
2.70							
2.80							
2.90							
3.00							
							Inicio de la roca fracturada
							Manto rocoso de canchales resistentes y duras, compuesto de roca fracturada
							El Nivel freático se ubica a una profundidad mayor de 3.00 m.

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería Geotécnica, Pavimentos, Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATANUACMI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

JR. TIAHUANACO H.17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



PROYECTO : ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORAS DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABAN - PUNO 2021  
PROGRESIVA : CALICATA N° 01 TESISTA : VICTOR RAMIRO CASA COLA  
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION ING. RESPONSA : ALFREDO ALARCON A  
PROFUNDID : 0.00-3.00 m FECHA : 12/2022

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROF (m)	SIMBOLOGIA	ESPEJOR	WNAT (%)	LLC (%)	IP (%)	SUCS	DESCRIPCION
0.10	A	0.2	x	x	x	x	Capa superior orgánica
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00							
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60						Inicio de la roca fracturada	
1.70							
1.80							
1.90							
2.00						Mancha local de grafiolitas resistentes y duras, con vesículas de roca fracturada	
2.10							
2.20							
2.30							
2.40							
2.50							
2.60							
2.70							
2.80							
2.90							
3.00						El Nivel freático se ubica a una profundidad mayor de 3.00 m	

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Posgrado, Ingeniería Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATANUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CR 81732

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



# GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



PROYECTO : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE TÉCNICAS CON ESTRUCTURAS ESTABILIZADORES DE LA CARRETERA HIDROELECTRICA SAN GABAN - PUNO 2021  
 PROGRESIVA : CALICATA N° 04  
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION  
 PROFUNDID : 0.00-3.00 m  
 TESISITA : VICTOR RAMIRO CASA COICA  
 ING. RESPON : ALFREDO ALARCON A  
 FECHA : 12/02

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROF (m)	SIMBOLOGIA	ESPESOR	W NAT (%)	LL (%)	IP (%)	SUCS	DESCRIPCIÓN
0.10	a	0.3	X	X	X	K	Capa superior orgánica
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00		1.50	11.60	30.43	4.02	SC-SM	Arma arcillosa con fino de color verde grisáceo de características compactas y de formas subangulosas
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60							
1.70							
1.80							
1.90							
2.00							
2.10							
2.20							
2.30							
2.40							
2.50							
2.60							
2.70							
2.80							
2.90							
3.00							El Nivel freático se ubica a una profundidad mayor de 3.00 m

GEOTECNIA PUNO EIRL  
Ingeniería de Pavimentos, Anticorrosión y Construcción

ALFREDO ALARCON STANUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.O.T. 51932

## CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE. POR NIVEL DE AGUAS FREATICAS

Parámetros e hipótesis de Cálculo para capacidad de carga última, por las modificaciones efectuadas por Terzaghi para la cimentación cuadrada es como sigue:

$$q_u = 0.867cN_c' + qN_q' + 0.4YBN_y'$$

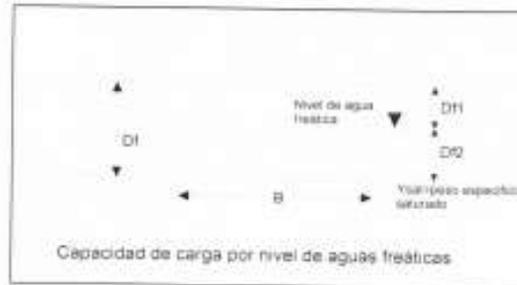
Donde:		
c	:	Cohesión
Y	:	Peso específico del suelo
Df	:	Profundidad de desplante
B	:	Ancho de zapata
N'c, N'q, N'y	:	Factores de capacidad de carga

Si el nivel freático se localiza encima de la zapata, el factor de sobrecarga efectiva "q" tomará la forma:

$$q = Df1 \cdot Y + Df2(Y')$$

$$\Rightarrow q = Df1 \cdot Y + Df2(Y_{sat} - Y_w)$$

Donde:		
Y <sub>sat</sub>	:	Peso específico saturado del suelo
Y <sub>w</sub>	:	Peso específico del agua



La capacidad de carga admisible del suelo está dado por:

$$q_a = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:		
q <sub>a</sub>	:	capacidad de carga admisible
q <sub>u</sub>	:	capacidad de carga última
FS	:	Factor de seguridad.

Para el Factor de Seguridad tomaremos las siguientes consideraciones:  
 Existe las variaciones naturales en la resistencia al corte de los suelos.  
 Las incertidumbres que como es lógico, contienen los métodos o fórmulas para la determinación de la capacidad última del suelo. Excesivo asentamiento en suelos compresibles que haría fluir un suelo cuando éste está próximo a la carga de rotura por corte.

**GEOTECNIA PUNO KIRL**  
 Empresa de Ingeniería y Construcción

ALFONSO LUIS ATANUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 Rpa. Ctr. 81732

Por lo expuesto adoptaremos  $FS = 3.00$  establecido para estructuras permanentes.

Para Zapatas Cuadradas:

A partir del ensayo se tiene los siguientes valores:

Cohesión	:	0.315	Kg/cm <sup>2</sup>
$\phi$	:	22.89	°
Df	:	200	cm
B	:	200	cm
Y	:	2.652	g/cm <sup>3</sup>
Ysat	:	2.726	g/cm <sup>3</sup>
Nc	:	13.445	
Nq	:	4.783	
Ny	:	1.719	

El nivel freático se encuentra a un nivel de **200.00 cm = 2.00 m**

Quando el nivel freático se encuentra encima de la zapata, se tiene:

Para Df= 50 cm		Para Df= 180 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -150 cm		Df2: -40 cm	
Para Df= 60 cm		Para Df= 170 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -140 cm		Df2: -30 cm	
Para Df= 70 cm		Para Df= 180 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -130 cm		Df2: -20 cm	
Para Df= 80 cm		Para Df= 190 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -120 cm		Df2: -10 cm	
Para Df= 90 cm		Para Df= 200 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -110 cm		Df2: 0 cm	
Para Df= 100 cm		Para Df= 210 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -100 cm		Df2: 10 cm	
Para Df= 110 cm		Para Df= 220 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -90 cm		Df2: 20 cm	
Para Df= 120 cm		Para Df= 230 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -80 cm		Df2: 30 cm	
Para Df= 130 cm		Para Df= 240 cm	
Df1: 200 cm		Df1: 200 cm	
Df2: -70 cm		Df2: 40 cm	

  
**GEOTECNIA PUNO SRL**  
Ing. Carlos Atarhuacchi  
**ALFONSO ATARHUACCHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 01732

Para Df= 140 cm  
Df1: 200 cm  
Df2: -60 cm

Para Df= 250 cm  
Df1: 200 cm  
Df2: 50 cm

Para Df= 150 cm  
Df1: 200 cm  
Df2: -50 cm

Los valores para cada profundidad tenemos

PROF. Df (cm)	qu (Kg/cm2)	qa (Kg/cm2)
50	5.34	1.78
60	5.42	1.81
70	5.50	1.83
80	5.59	1.86
90	5.67	1.89
100	5.75	1.92
110	5.83	1.94
120	5.92	1.97
130	6.00	2.00
140	6.08	2.03
150	6.16	2.05
160	6.25	2.08
170	6.33	2.11
180	6.41	2.14
190	6.49	2.16
200	6.58	2.19
210	6.66	2.22
220	6.74	2.25
230	6.82	2.27
240	6.91	2.30
250	6.99	2.33

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Sede en P.O. Box 1000, Cochabamba, Bolivia

ALFREDO ESCOBAR ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

## Anexo 10. Certificado de calibración del equipo

### Certificado de operatividad del DRONE.



CEO-CATV-220016

#### CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Cliente:	CORPORACION N&R REX SAC	RUC/DNI:	20608762893
Importador/Proveedor:	COLLSCOM SOLUTIONS SAC	RUC:	20607911518
Equipo	Phantom 4 Pro	Fecha Certificado	25/01/2022
Marca	DJI	Fecha Vencimiento	25/06/2022
Modelo	Phantom 4 Pro	Revision	1
Numero de serie	11UCF59-0A30361		

COLLSCOM SOLUTIONS SAC, Certifica que el equipo en mención cumple con las especificaciones técnicas del fabricante y lo estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas se encontró que los parámetros de vuelo así como también la calibración de los diferentes sensores que componen el equipo se encuentran dentro de margen de tolerancia y están óptimos para su operación.

Parámetros Medidos Phantom 4 Pro		ESTADO
Tiempo de vuelo	25m	CONFORME
Altura Máxima	500m	CONFORME
Velocidad Máxima		
Modo P	31mrp(50kph)	CONFORME
Modo A	36mrp(58kph)	CONFORME
Sensores		
IMU	VERDE	CONFORME
Giroscopio	VERDE	CONFORME
Compass	VERDE	CONFORME
GPS	18	CONFORME

Justino Gamarra Quispe  
ATVSTORE  
COLLSCOM SOLUTIONS

Victor Coll Cardenas Tafur  
ATVSTORE  
COLLSCOM SOLUTIONS

Certificado de calibración de equipos de laboratorio de mecánica de suelos.

 **AG4**  
INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

**LABORATORIO DE METROLOGÍA**  
**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
**CM-312-2021**

<b>Expediente</b>	<b>S-0167-2021</b>
<b>Solicitante</b>	<b>GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.</b>
<b>Dirección</b>	<b>JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA</b>
<b>Equipo de Medición</b>	<b>BALANZA NO AUTOMÁTICA</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>R21PE30ZH</b>
<b>Serie</b>	<b>8341130557</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Procedencia</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>
<b>División de escala ( d )</b>	<b>1 g</b>
<b>División de verificación ( e )</b>	<b>10 g</b>
<b>Tipo</b>	<b>ELECTRONICA</b>
<b>Ubicación</b>	<b>Lab. Masa de AG4 Ingeniería &amp; Metrología S.R.L.</b>
<b>Fecha de Calibración</b>	<b>2021-12-01</b>

**Método de Calibración**  
Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

**Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	20.9 °C	21.2 °C
Humedad Relativa	55 %	55 %

---

<b>Sello</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Jefe de Metrología</b>
--------------	-------------------------	---------------------------



2021-12-02

  
Luigi Asenjo G.

**PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.**

Página 1 de 4  
FM00101

 01 622 5224	 997 045 343 961 739 849 955 851 191	 ventasag4ingenieria@gmail.com ventas@ag4im.com	 www.ag4ingenieria.com
---	---	---	---

# LABORATORIO DE METROLOGÍA



**AG4**

INGENIERIA & METROLOGÍA S.R.L.

## CERTIFICADO DE CALIBRACION CM-312-2021

### Observaciones

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 20 g

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

### Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de Nacional	Pesa de 20 Kg	0890-LM-2021
Patrones de referencia de Nacional	Pesa de 10 Kg	0889-LM-2021
Patrones de referencia de Nacional	Pesa de 5 Kg	0888-LM-2021
Patrones de referencia de Nacional	Juego de pesas	0832-LM-2021 // 0259-CLM-2021

### INSPECCIÓN VISUAL

	TIENE	ESCALA	NO TIENE
Ajuste de cero	TIENE	ESCALA	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	CURSOR	NO TIENE
Plataforma	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
Sistema de traba	TIENE		

Fecha de Calibración	2021-12-01
Identificación de la balanza	NO INDICA
Ubicación de la balanza	LAB. MASA DE AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. Av. Betancourt Mz. C Lt. 31 - Los Olivos De Pro - Los Olivos



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CM-312-2021**

**Resultados de la Medición**

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Carga L1= 15,000 g			Carga L2= 30,000 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
14,999	0.4	-0.9	30,000	0.3	0.2
14,999	0.4	-0.9	29,999	0.3	-0.8
15,000	0.3	0.2	30,000	0.4	0.1
14,999	0.3	-0.8	29,999	0.4	-0.9
15,000	0.4	0.1	30,000	0.3	0.2
14,999	0.4	-0.9	29,999	0.3	-0.8
15,000	0.4	0.1	29,999	0.3	-0.8
14,999	0.3	-0.8	29,999	0.4	-0.9
15,000	0.3	0.2	30,000	0.4	0.1
15,000	0.4	0.1	30,000	0.4	0.1
Δ Emáx (g)		1.1	Δ Emáx (g)		1.1
emp (g)		20	emp (g)		30

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp ±(g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.3	0.2						
20	20	0.3	0.2	0.0	20	0.4	0.1	-0.1	10
100	100	0.3	0.2	0.0	100	0.4	0.1	-0.1	10
500	501	0.3	1.2	1.0	500	0.4	0.1	-0.1	10
1,000	1,000	0.4	0.1	-0.1	1,001	0.4	1.1	0.9	10
5,000	5,001	0.4	1.1	0.9	5,000	0.3	0.2	0.0	10
10,000	10,001	0.4	1.1	0.9	10,000	0.3	0.2	0.0	20
15,000	15,000	0.4	0.1	-0.1	15,000	0.3	0.2	0.0	20
20,000	20,000	0.3	0.2	0.0	19,999	0.3	-0.8	-1.0	20
25,000	24,999	0.3	-0.8	-1.0	24,999	0.4	-0.9	-1.1	30
30,000	30,000	0.4	0.1	-0.1	30,000	0.4	0.1	-0.1	30



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGÍA S.R.L.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CM-312-2021**

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	10	10	0.3	0.2	10,000	9,999	0.4	-0.9	-1.1	20
2		10	0.3	0.2		10,000	0.3	0.2	0.0	
3		10	0.3	0.2		9,999	0.4	-0.9	-1.1	
4		10	0.3	0.2		10,000	0.4	0.1	-0.1	
5		10	0.3	0.2		10,000	0.3	0.2	0.0	

- emp Error Máximo Permitido
- l Indicación del instrumento
- E Error encontrado
- Ec Error corregido
- Eo Error en cero
- ΔL Carga incrementada

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima; 30000 g, División de verificación (e): 10 g y clase de exactitud III, según Norma Metroológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo		emp	
0 g	a	5000 g	10 g
5000 g	a	20000 g	20 g
20000 g	a	30000 g	30 g

**LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA**

$$\text{Lectura corregida} = R + 0.0000033067 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0.54794 \text{ g}^2 + 0.00000001439401 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Metrología de Fuerza**  
Calibration Certificate - Force Metrology Laboratory

**F-266**

Page / Pág 1 de 5

<b>Equipo</b> Instrument	EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO - 2500 N	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados corresponden al ítem relacionado en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate refer to the moment and conditions at which the measurements were made. These results only relate to the item mentioned on page number one. The laboratory that issues it is not responsible for the damages that may result from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
<b>Fabricante</b> Manufacturer	PINZUAR LTDA.	
<b>Modelo</b> Model	PS - 107 -D	
<b>Número de Serie</b> Serial Number	268 -	
<b>Identificación Interna</b> Internal Identification	No Presenta -	
<b>Intervalo de Medición</b> Measurement Range	Del 10 % al 100 %	
<b>Solicitante</b> Customer	GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.	
<b>Dirección</b> Address	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE 17 RES. COLLASUYO I E ( A ESPALDAS DEL CEMENTERIO LA CAPILLA) PUNO - SAN ROMAN - JUALIACA	
<b>Ciudad</b> City	JULIACA	
<b>Fecha de Recepción</b> Date of Receipt	2020 - 10 - 12	
<b>Fecha de Calibración</b> Date of Calibration	2020 - 10 - 12	
<b>Fecha de Emisión</b> Date of Issue	2020 - 10 - 12	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> Number of pages of the certificate and documents attached	06	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede reproducir el contenido, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que compromete la seguridad que los partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report may not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas Autorizadas**  
Authorized signatures



HENRY E. VARGAS  
METROLOGÍA - JULIACA PUNO DE METROLOGÍA



**DATOS TÉCNICOS**

<b>Tipo de equipo:</b>	EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO	<b>Dirección de carga:</b>	COMPRESIÓN
<b>Capacidad:</b>	2500 N		
<b>Documento de Referencia:</b>	PROCEDIMIENTO INTERNO LM-PC-27 Rev.0		
<b>Ubicación:</b>	Laboratorio		

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración del instrumento fue efectuada según las disposiciones de PROCEDIMIENTO INTERNO LM-PC-27 Rev.0, bajo el método de Comparación Directa, Fuerza Indicada Constante. Y en cumplimiento con lo dispuesto en la Revisión 0 del LM-PC-27.

**PATRONES EMPLEADOS DURANTE LA CALIBRACIÓN**

Equipo	CELDA DE CARGA	—	—	CRONOMETRO	TERMO - HIGRÓMETRO
	5 kN			CASIO	
<b>Fabricante:</b>	HBM			HS-3	
<b>Tipo / Modelo</b>	50M/5kN / MVD2555			204Q04R	
<b>Serie</b>	30549636 / 079407			026701	
<b>Código interno</b>	017418				
<b>Intervalo de Medición</b>	2,00000 m/VV				
<b>Clase</b>	0,0				
<b>Certificado</b>	4250			CMK-TFA-17273	RET-01-02-2009 / MET-04-02-1148
<b>Organismo Cert.</b>	INM			COLMETRIK	METROLABOR
<b>Fecha de Validez</b>	2020-10-15			2019-11-13	2019-11-08
<b>Incertidumbre</b>	0,081				
<b>CMC</b>	0,53 % ***				

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Posición del Patrón			0 °	120 °	120 °	240 °	0 °
INDICACIÓN			Serie 1	Serie 2	Serie 2'	Serie 3	Serie 4
Mg	x	Pt	Ascendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Acc. Ascendente
%	N	N	N	N	N	N	N
10	250,0	250,00	247,90	247,70	—	248,00	—
20	500,0	500,00	496,16	497,16	—	496,56	—
30	750,0	750,00	746,53	745,54	—	746,04	—
40	1000,0	1 000,0	994,93	994,63	—	994,83	—
50	1250,0	1 250,0	1 243,5	1 243,4	—	1 243,5	—
60	1500,0	1 500,0	1 492,9	1 493,9	—	1 493,4	—
70	1750,0	1 750,0	1 743,4	1 743,6	—	1 743,6	—
80	2000,0	2 000,0	1 994,0	1 994,4	—	1 994,3	—
90	2250,0	2 250,0	2 247,0	2 247,1	—	2 247,2	—
100	2500,0	2 500,0	2 500,1	2 501,7	—	2 501,1	—
Indicación después de la carga			0,002	0,001	—	0,000	—

Nota: \*\*\* Porcentaje de la lectura



**TABLA DE ERRORES DE LA CALIBRACIÓN**

Capacidad		2 500,0	N		División de Escala						0,2	N		
Porcentaje de Carga	Promedio de las Lecturas	Ecuivalente	CÁLCULO DE ERRORES										Incertidumbre U	
			Exactitud (a)		Repetibilidad (b)		Resolución Relativa (a)		Reversibilidad (v)		Accesorios (Acc)			
			N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
10	247,860	250,00	2,1	0,86	0,3	0,12	0,08	-	-	-	-	1,3	0,53	
20	496,624	500,00	3,4	0,68	1,0	0,20	0,04	-	-	-	-	2,6	0,53	
30	746,035	750,00	4,0	0,53	1,0	0,13	0,03	-	-	-	-	4,0	0,53	
40	994,799	1 000,0	5,2	0,52	0,3	0,03	0,02	-	-	-	-	5,3	0,53	
50	1 243,51	1 250,0	6,5	0,52	0,1	0,01	0,02	-	-	-	-	6,6	0,53	
60	1 493,44	1 500,0	6,6	0,44	1,0	0,07	0,01	-	-	-	-	7,9	0,53	
70	1 743,57	1 750,0	6,4	0,37	0,2	0,01	0,01	-	-	-	-	9,2	0,53	
80	1 994,25	2 000,0	6	0,29	0	0,02	0,01	-	-	-	-	11	0,53	
90	2 247,08	2 250,0	3	0,13	0	0,01	0,01	-	-	-	-	12	0,53	
100	2 500,97	2 500,0	-1	-0,04	2	0,06	0,01	-	-	-	-	13	0,53	
ERROR RELATIVO DE CERO			0,000	0,000	—		0,000	—		—				

**ERRORES RELATIVOS ABSOLUTOS MÁXIMOS OBTENIDOS DE LA CALIBRACIÓN**

EXACTITUD a (%)	REPETIBILIDAD b (%)	RESOLUCIÓN RELATIVA (%)	ERROR DE CERO m (%)	ACCESORIOS (%)	REVERSIBILIDAD v (%)
0,86	0,20	0,08	0,000	—	—

**RELACION DE LOS ERRORES OBTENIDOS DE LA CALIBRACIÓN**

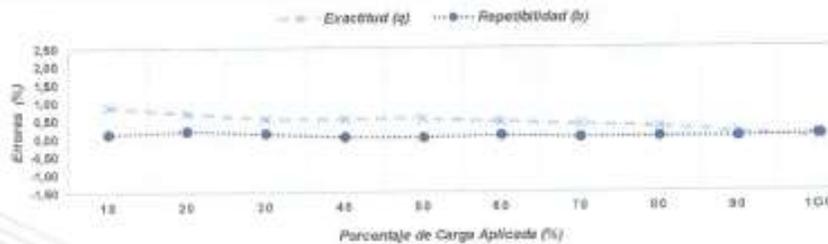


Figura 1. Relación de los errores de Exactitud (a) y de Repetibilidad (b) respecto a la carga aplicada en la calibración.

**CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN**

Temperatura mínima:	21,2 °C	Temperatura máxima:	21,5 °C
Humedad relativa mínima:	82,3 % HR	Humedad relativa máxima:	83,1 % HR



**DATOS TÉCNICOS**

Tipo de equipo:	EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO		
Capacidad:	2500 N	Dirección de carga:	COMPRESIÓN
Ubicación:	Laboratorio		

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

En el método de calibración se mide el desplazamiento en el indicador de caratula propio de la máquina y para el tiempo se emplea un cronómetro.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Medición en mm / min

RANGO BAJO				
Tiempo (min)		t		
Velocidad mm / min	Lectura 1 mm / min	Lectura 2 mm / min	Lectura 3 mm / min	Promedio mm / min
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
0,030	0,030	0,020	0,020	0,02333
0,060	0,060	0,035	0,070	0,06167
0,090	0,090	0,090	0,100	0,09333
0,120	0,150	0,150	0,140	0,14667
0,150	0,170	0,170	0,160	0,16667

RANGO ALTO				
Tiempo (min)		t		
Velocidad mm / min	Lectura 1 mm / min	Lectura 2 mm / min	Lectura 3 mm / min	Promedio mm / min
0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000
0,300	0,270	0,290	0,270	0,2733
0,600	0,600	0,600	0,610	0,6033
0,900	0,890	0,890	0,880	0,8867
1,200	1,230	1,230	1,230	1,2300
1,500	1,490	1,480	1,500	1,4933



### DATOS TÉCNICOS

Tipo de equipo:	EQUIPO AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO		
Capacidad:	2500 N	Dirección de carga:	COMPRESIÓN
Ubicación:	Laboratorio		

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

El método de calibración es por comparación directa, se realizó la medición de fuerza ejercida por el brazo para cada relación y carga aplicada. Dicha medición se realizó ubicando el transductor de fuerza y aumentando el valor de la carga con las pesas propias del equipo de corte directo, la fuerza real aplicada se mide sobre una celda calibrada con trazabilidad.

Se realizó la prueba de carga y desplazamiento con el disco metálico según las disposiciones de la Norma INVIAS INV E-151 Numeral 7.1.1 y 7.1.2"

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

#### FACTOR DE MULTIPLICACIÓN 1 : (5)

CARGA			Equivalente N	Lectura 1	Lectura 2	Lect. Promedio	Factor	Factor Promedio
Mq.	X	Pt.		kgf	kgf	kgf		
1	2		19,613	10,084	10,033	10,059	5,029	5,010
2	4		39,227	20,082	20,102	20,092	5,023	
3	8		78,453	40,123	40,113	40,12	5,015	
4	16		156,906	80,119	80,109	80,11	5,007	
5	32		313,813	159,27	159,29	159,28	4,977	

#### FACTOR DE MULTIPLICACIÓN 1 : (10)

CARGA			Equivalente N	Lectura 1	Lectura 2	Lect. Promedio	Factor	Factor Promedio
Mq.	X	Pt.		kgf	kgf	kgf		
1	2		19,613	20,142	20,132	20,137	10,068	10,077
2	4		39,227	40,406	40,397	40,402	10,100	
3	8		78,453	81,054	81,003	81,03	10,129	
4	16		156,906	161,203	161,233	161,22	10,076	
5	32		313,813	320,381	320,380	320,38	10,012	



### INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición esta dada en la tabla resultado de la calibración pagina No 3. La incertidumbre de medición fue calculada utilizando un factor de cobertura  $k = 2,21$ . Para un nivel de confianza aproximado del 95,45% para una distribución "1-student" y fue estimada con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

### CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE FUERZA

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007.

CLASE DE LA ESCALA DE LA MÁQUINA	EXACTITUD (H)	REPETIBILIDAD (B)	REVERSIBILIDAD (V)	CERO (Ro)	RESOLUCIÓN RELATIVA (s)
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1,0	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2,0	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3,0	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de ei/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



### CONTACTO

Funcionario con quien se estableció comunicación de manera directa para tratar temas relacionados con la solicitud del servicio

**Nombre** ALARCON ATAHUACHI ALFREDO  
**Organización** GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.  
**Cargo** GERENTE GENERAL  
**Teléfono** 979000744  
**Correo Electrónico** ALFREDOALARCON2@HOTMAIL.COM

### OBSERVACIONES

1. Se realizó una inspección general del equipo encontrándose en buen estado de funcionamiento y apto para su calibración.
2. En cualquier caso, el equipo debe verificarse si se somete a ajustes o reparaciones importantes.
3. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en el procedimiento interno LM-PC-27, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C y 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición.
4. Con el presente certificado de calibración se adjunta la estampilla de calibración Nu. **F-266**

Fin del Certificado



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CFT-034-2021**

**Solicitante** : GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.

**Dirección** : JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E  
- PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrum. de Medición** : MÁQUINA DE LOS ANGELES

**Marca** : PINZUAR

**Modelo** : PC-117

**Serie** : 1345

**Procedencia** : COLOMBIA

**Identificación** : NO INDICA

**Cap. Max.** : 99999 Vueltas

**Fecha de Calibración** : 2021-12-01

**Fecha de Emisión** : 2021-12-02

**Método de Calibración Empleado**

La calibración se realizó por comparación entre las indicaciones de lectura del indicador digital de la máquina los angeles con el tacómetro patrón, se uso tambien una balanza calibrada para el peso de las esferas, tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MTC E 207 - 2000 Y LA NORMA ASTM C 131 - 1 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

**Incertidumbre:**

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura	20,9 °C	20,9 °C
Humedad Relativa	48 %HR	48 %HR

**Observaciones:**

- La máquina dispone de 12 esferas de hierro los cuales han sido verificadas en su peso y diámetro.
- Las mediciones mostradas en el cuadro de resultados es de un promedio de tres lecturas
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

(\*) Código asignado por AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

Luis Alberto C.  
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de referencia	Tacómetro	T's-0184-2021
Patrón de referencia	Pie de rey	L-0458-2021

INDICACION TACÓMETRO PATRON (RPM)	INCERTIDUMBRE (RPM)
31.47	1

**Resultados de Medicion:**

	DIAMETROS DE LAS ESFERAS (mm)	DIAMETROS DE LAS ESFERAS (mm)	PROMEDIO (mm)	INCERTIDUMBRE (mm)
	46.38 mm - 47.63 mm	46.38 mm - 47.63 mm		
	LECTURA 1	LECTURA 2		
1	46.68	46.67	46.68	0.03
2	46.68	46.69	46.69	0.03
3	46.64	46.63	46.64	0.03
4	46.66	46.64	46.65	0.03
5	46.56	46.55	46.56	0.03
6	46.74	46.71	46.73	0.03
7	46.67	46.65	46.66	0.03
8	46.64	46.65	46.65	0.03
9	46.68	46.62	46.65	0.03
10	46.67	46.69	46.68	0.03
11	46.66	46.72	46.69	0.03
12	46.66	46.68	46.67	0.03

	PESO DE LAS ESFERAS (g)	INCERTIDUMBRE (g)
	390 g - 445 g ± 1g	
1	415.54	0.1
2	415.83	0.1
3	416.74	0.1
4	416.13	0.1
5	416.94	0.1
6	416.08	0.1
7	416.20	0.1
8	416.74	0.1
9	416.73	0.1
10	416.64	0.1
11	415.40	0.1
12	416.39	0.1
<b>Masa Total</b>	<b>4995.36</b>	

  
 Luigi G.  
 Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

Anexo 11. Boleta de ensayos de laboratorio (doc. que sustente)

**GEOTECNIA PUNO EIRL**

JR. TIAHUANACO MZA. HL LOTE. 17 URB  
COLLASUYO I ETP PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

TELÉFONO: 979000744

R.U.C. 20600401301

**BOLETA ELECTRONICA**

Nro: E001-001

Señor VICTOR RAMIRO CASA COILA  
Identificado con DNI Número 43176605

Domiciliado en

Cantidad 01

**Descripción de servicio**

SERVICIOS DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS, HUMEDAD, GRANULOMETRÍA, LIMITES DE CONSISTENCIA, GRAVEDAD ESPECIFICA, CAPACIDAD PORTANTE, CORTE DIRECTO Y OTROS.

Son MIL SETESCIENTOS Y 00/100 SOLES

Fecha de emisión 11 de Marzo del 2022

Total : 1700.00 SOLES

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. Cnt. 81732

## Anexo 12. Pantallazo del turnitin

Feedback Studio - Google Chrome  
ev.turnitin.com/app/carta/es/7student\_user=1&u=1127996885&s=1&lang=es&o=1793534506

feedback studio VICTOR RAMIRO CASA COILA DPI ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD.pdf

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadores de la carretera hidroeléctrica San Gabán - Puno, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**  
Casa Coila, Victor Ramiro (<https://orcid.org/0000-0002-9448-8689>)

**ASESOR:**  
Dr. Benites Zuñiga, Jose Luis (<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

**Resumen de coincidencias**

**14 %**

Coincidencia 5 de 11

1	repositorio.ucv.edu.pe	4 %
2	hdl.handle.net	1 %
3	Entregado a Universida...	1 %
4	repositorio.unap.edu.pe	1 %
5	repositorio.unican.es	1 %
6	edoc.site	<1 %
7	repositorio.unsm.edu.pe	<1 %

Página: 1 de 67    Número de palabras: 16191    Versión solo texto del informe    Alta resolución    Activado