



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Unidad de Posgrado

**Caracterización geotécnica para determinar el modelo
de estabilización de talud a escala reducida, barrio Los
Olivos, Independencia, Huaraz, Ancash, Perú – 2021**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con
mención en Geotecnia

AUTOR

Jaime Walter BLAS CANO

ASESOR

Mg. Lloyd Williams SOLÓRZANO POMA

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Blas, J. (2023). *Caracterización geotécnica para determinar el modelo de estabilización de talud a escala reducida, barrio Los Olivos, Independencia, Huaraz, Ancash, Perú – 2021*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jaime Walter Blas Cano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	80121835
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0919-9306
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Lloyd Williams Solórzano Poma
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40078403
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5827-2450
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Luis Miguel Morán Yañez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06118148
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Escalante Contreras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	28286636
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Omart Demetrio Tello Malpartida
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08644876
Datos de investigación	

Línea de investigación	2.07.02 Geotecnia
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES EIRL País: Perú Departamento: ANCASH Provincia: HUARAZ Distrito: INDEPENDENCIA Urbanización: SIERRA HERMOSA Avenida: JAVIER KING KEE MORENO N° 420 Latitud: -9.4709214 Longitud: -77.48482722222222
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Geotecnia: http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.01



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los quince días del mes de setiembre del año dos mil veintitres, siendo las diecisiete horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000509-2023-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 12 de setiembre del 2023, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERÚ - 2021»

Presentado por el Bach. **JAIME WALTER BLAS CANO**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **GEOLOGÍA** con mención en **GEOTECNIA**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° UNMSM-20210049308, de fecha 10 de julio del 2021, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

BUENO (16)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **GEOLOGÍA** con mención en **GEOTECNIA** al Bach. **JAIME WALTER BLAS CANO**.

Siendo las 18:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

DR. LUIS MIGUEL MORÁN YAÑEZ
Presidente

MG. JORGE ESCALANTE CONTRERAS
Secretario

DR. OMART DEMETRIO YELLO MALPARTIDA
Miembro

MG. LLOYD WILLIAMS SOLÓRZANO POMA
Asesor



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Mg. Lloyd Williams Solórzano Poma en mi condición de asesor acreditado con el Número de Dictamen N° 000344-2021-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERÚ-2021» presentado por el Bachiller Jaime Walter Blas Cano para optar el grado de Magister en Geología con Mención en Geotecnia CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabaos Académicos, de investigación y producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 08 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor:

DNI: 40078403

Nombres y apellidos del asesor:

Lloyd Williams Solórzano Poma

Huella Digital



AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por haberme apoyado durante los estudios de la Maestría en Geología con mención en Geotecnia.
- A los docentes de la UNMSM, a quienes mucho aprecio, por las clases impartidas que me ayudaron en esta nueva aventura para mi perfeccionamiento profesional.
- Al colega y Asesor de la tesis MSc. Lloyd Williams Solorzano Poma, quien con su apoyo incondicional me brindo su tiempo para el asesoramiento de la presente Investigación.
- A mi gran amigo Vladimir Eloy Valladares Pérez, por la ayuda continua de los experimentos desarrollados en el “Laboratorio JBC Ingenieros Estructurales”.

A mi familia en especial a mis hijos Jheriel, Jhanis, Carmencita

Y a mi esposa Sandra Cruz

Y mi madre Rosa Cano, por ser ellos

La fuente de inspiración y el deseo de mi superación

Profesional.

Índice General

Resumen	x
Abstract.....	xi
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema	3
1.3 Justificación de la Investigación	4
1.3.1 Justificación Teórica	4
1.3.2 Justificación Práctica	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Marco Filosófico o epistemológico de la investigación	7
2.2 Antecedentes de la Investigación	7
2.3 Bases teóricas	17
CAPITULO 3: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	52
3.1 Hipótesis General	52
3.2 Identificación de Variables	53
CAPITULO 4: METODOLOGÍA	55
CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
5.1 Análisis e interpretación y discusión de resultados	64
5.2 Prueba de hipótesis.....	105
5.3 Presentación de resultados	106
CONCLUSIONES.....	151
RECOMENDACIONES	154
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	155
ANEXOS.....	157

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Factores de seguridad recomendados para definir estabilidad en taludes	17
Cuadro 2. Factores de seguridad para los análisis estáticos.	18
Cuadro 3. Valores referenciales para Taludes en corte (H:V).....	19
Cuadro 4. Operacionalización de variables.....	60
Cuadro 5. Matriz de consistencia.....	61
Cuadro 6. Factor de escala geométrico	86
Cuadro 7. Medidas internas de la probeta de ensayo.....	87
Cuadro 8. Medidas a escala de la plancha de apoyo.....	101
Cuadro 9. Resumen del análisis granulométrico.....	107
Cuadro 10. Resumen de Ensayos Límites de consistencia	107
Cuadro 11. Resumen de Clasificación según AASTHO	108
Cuadro 12. Resumen de Clasificación según SUCS	108
Cuadro 13. Resumen de Proctor Modificado.....	109
Cuadro 14. Resumen de resultados de Corte directo y peso específico.....	110
Cuadro 15. Resumen de los factores de seguridad determinadas a escala natural con el programa Slide del talud menos crítico.	113
Cuadro 16. Resumen de los factores de seguridad determinadas a escala natural con el programa Slide.....	120
Cuadro 17. Determinación del Volumen de cada probeta	121
Cuadro 18. Determinación del peso específico del Talud Natural	122
Cuadro 19. Determinación del peso específico del Talud estabilizado	122
Cuadro 20. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Natural (P-1).	124
Cuadro 21. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Natural (P-2).	125
Cuadro 22. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Natural (P-3).	126
Cuadro 23. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Estabilizado (P-1).	127
Cuadro 24. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Estabilizado (P-2).	128
Cuadro 25. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Estabilizado (P-3).	129
Cuadro 26. Resumen de registro de grietas de los modelos luego del ensayo.....	131
Cuadro 27. Resumen de registro de desplazamiento vertical total o penetración de la carga en cada probeta de ensayo.....	131
Cuadro 28. Resumen de registro de grietas de los modelos estabilizados luego del ensayo.....	131
Cuadro 29. Resultados de Grietas, deformación versus carga máxima de ensayo. 138	
Cuadro 30. Resultados de Grietas, deformación versus carga máxima de ensayo. 141	
Cuadro 31. Análisis de % variación de los taludes Natural y Estabilizada.	142

Cuadro 32. Variación de carga de ensayo en % para talud natural.....	143
Cuadro 33. Variación de resistencia durante la falla del talud Natural.....	144
Cuadro 34. Esfuerzo producido durante la carga de ensayo, caso real para el talud Natural.....	146
Cuadro 35. Variación de carga en % para talud estabilizado.....	147
Cuadro 36. Variación de resistencia durante la falla del talud estabilizado.....	147
Cuadro 37. Esfuerzo producido durante la carga de ensayo, caso real para el talud estabilizado.....	150
Cuadro 38. Participación de cargas, resistencias y Esfuerzos-talud natural versus talud estabilizada.....	150

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de la delimitación de un talud seco en arena.....	20
Figura 2. Ábacos para el cálculo de f_s a cuatro diferentes valores de r_u	24
Figura 3. Clasificación de los métodos de cálculo bidimensionales de estabilidad de taludes.....	25
Figura 4. Esquema clave para el análisis de esfuerzos totales de un talud al asumir un deslizamiento circular por el método de las dovelas.....	26
Figura 5. Esquema de la definición para el análisis de esfuerzos efectivos en un talud, método de las dovelas.....	28
Figura 6. Relación entre el factor tiempo y el grado medio de consolidación de una distribución uniforme y una distribución triangular del exceso de presión intersticial.....	29
Figura 7. (a) Deslizamiento de un bloque de madera. (b) Un plano de deslizamiento en una masa de suelo.....	31
Figura 8. Embalaje de discos que representan arena suelta y densa.....	32
Figura 9. Simulación de fallas en arena densa.....	32
Figura 10. Efectos de la dilatación en Coulomb envolvente de falla.....	33
Figura 11. El círculo de tensión de Mohr y ángulo de dilatación.....	34
Figura 12. Cálculo del Factor de Erosión de la lluvia en las estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la cuenca de Papaloapan.....	37
Figura 13. Variación de la geometría del talud debido a la erosión.....	38
Figura 14. Características geológicas que pueden provocar la falla de un talud.....	38
Figura 15. Fuerzas debidas a la gravedad y fuerza provocadas por sismos.....	39
Figura 16. Talud sometido a lluvia.....	40
Figura 17. Sobrecarga en la corona del talud.....	40
Figura 18. Excavación al pie del talud.....	41
Figura 19. Vaciado rápido.....	41
Figura 20. Fuerzas de filtración generadas por el cambio de nivel en el embalse.....	42

Figura 21. Esquema de fuerzas actuantes en el problema de estabilidad de un talud (otoe, 1995).	43
Figura 22. Métodos para aumentar el coeficiente de seguridad de taludes en suelos 44	
Figura 23. Modos complejos de volcamiento.	45
Figura 24. Esquema de un proceso de reptación.....	45
Figura 25. Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana - Ensenada (México).....	46
Figura 26. Ejemplos de deslizamientos de traslación.....	47
Figura 27. Relaciones D/L para deslizamientos de traslación y rotación (Abramson y otros, 2002).	47
Figura 28. Tipos de “sagging” o hundimientos por deformación geológica.....	48
Figura 29. Hundimientos confinados.....	49
Figura 30. Clasificación de los movimientos del terreno de acuerdo con su estado de actividad. (Bajracharya, 2006).	50
Figura 31. Velocidad de acuerdo al tipo de movimiento.....	50
Figura 32. Levantamiento topográfico in situ.....	67
Figura 33. Exploración in situ.....	68
Figura 34. Exploración geotécnica in situ.....	71
Figura 35. Plano del tramo en estudio (zona críticas) en planta Km. 0+000 - 0+292. 74	
Figura 36. Sección de talud de los tramos explorados in situ.....	75
Figura 37. Procedimiento para la obtención del Contenido de Humedad.....	79
Figura 38. Procesamiento de cuarteo en laboratorio.....	80
Figura 39. Procesamiento de contenidos de humedad, límites líquido en laboratorio. 81	
Figura 40. Procesamiento análisis granulométrico y pesos específicos en laboratorio. 82	
Figura 41. Procesamiento del ensayo Equivalente de Arena.	83
Figura 42. Procesamiento del ensayo de Corte Directo en laboratorio.....	84
Figura 43. modelo de talud geométrico según topografía del terreno natural.....	85
Figura 44. modelo de la probeta de ensayo para elaboración del Talud a escala reducida.....	86
Figura 45. detalle los espesores de materiales utilizados en la construcción de la probeta de ensayo	88
Figura 46. Construcción de la probeta de ensayos a escala reducida	90
Figura 47. Construcción del pisón para de ensayos a escala reducida	91
Figura 48. Trazo del talud Natural a escala reducida (P-1, P-2, P-3)	92
Figura 49. Trazo del talud Estabilizado a escala reducida (P-1, P-2, P-3).....	92
Figura 50. Marcación con tinta indeleble sobre las caras laterales de la probeta.....	93
Figura 51. Distribución de golpes por cada capa de suelo (15 golpes)	94

Figura 52. Proceso de compactado con pisón de capacidad 3000g.	96
Figura 53. Proceso de compactado con pisón de Proctor modificado peso de martillo 4545g. 97	
Figura 54. Proceso de conformación del modelo talud natural a escala reducida.	98
Figura 55. Proceso de conformación del modelo talud estabilizado a escala reducida.	99
Figura 56. modelo de talud a escala reducida.	100
Figura 57. Proceso de ensayo de talud natural en máquina de carga CBR.	101
Figura 58. Proceso de ensayo de talud natural en máquina de carga CBR. Se visualizan las grietas.	102
Figura 59. Proceso de ensayo de talud natural en máquina de carga CBR. Secuencia de toma de datos de esfuerzos y deformaciones.	103
Figura 60. Proceso de ensayo de talud natural estabilizado en máquina de carga CBR. Se observa las grietas luego del ensayo de carga.	104
Figura 61. Grafica Esfuerzo de Corte versus Deformación	109
Figura 62. Grafica Esfuerzo de Corte versus Esfuerzo de Normal	109
Figura 63. Sección a escala Real, progresiva Km. 0+150	111
Figura 64. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Bishop simplificado	111
Figura 65. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Jambu simplificado	112
Figura 66. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Spenser.	113
Figura 67. Sección a escala Real, progresiva Km. 0+220	114
Figura 68. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Bishop simplificado	114
Figura 69. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Jambu simplificado	115
Figura 70. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Spenser.	116
Figura 71. Propuesta de la sección de talud a escala Reducida, progresiva Km. 0+220 117	
Figura 72. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Bishop simplificado	118
Figura 73. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Jambu simplificado	119
Figura 74. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Spenser.	120
Figura 75. Grafica de variación del peso específico de probetas talud natural.	122
Figura 76. Grafica de variación del peso específico de probetas talud natural.	123
Figura 77. Grafica Fuerza deformación de talud Natural (P-1) a escala reducida. .	124
Figura 78. Grafica Fuerza deformación de talud Natural (P-2) a escala reducida. .	125
Figura 79. Grafica Fuerza deformación de talud Natural (P-3) a escala reducida. .	126

Figura 80.Grafica Fuerza deformación de talud Estabilizado (P-1) a escala reducida.	127
Figura 81.Grafica Fuerza deformación de talud Estabilizado (P-2) a escala reducida.	128
Figura 82.Grafica Fuerza deformación de talud Estabilizado (P-3) a escala reducida.	129
Figura 83.Vista isométrica del modelo talud natural Ensayada a escala reducida.	130
Figura 84.Vista en planta y corte X-X, del modelo talud natural Ensayada a escala reducida.....	130
Figura 85.Vista isométrica del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-1).....	132
Figura 86.Vista en planta y corte X-X, del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-1).....	132
Figura 87.Vista isométrica del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-2).....	133
Figura 88.Vista en planta y corte X-X, del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-2).....	133
Figura 89.Vista isométrica del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-3).....	134
Figura 90.Vista en planta y corte X-X, del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-3).....	134
Figura 91.Superposición de cuevas de las probetas ensayadas del talud Natural.	137
Figura 92.Superposición de cuevas de las probetas ensayadas del talud estabilizado.....	140
Figura 93.Porcentaje de Variación del F.S. entre el talud Natural versus talud Estabilizado.	143
Figura 94.Gráfico del análisis de cargas de las probetas ensayadas-Talud natural.	145
Figura 95.Gráfico del % de resistencia desde la carga de falla hasta la carga final de ensayo -Talud natural.	145
Figura 96.Gráfico del análisis de cargas de las probetas ensayadas-Talud estabilizado.....	148
Figura 97.Gráfico del % de resistencia desde la carga de falla hasta la carga final de ensayo -Talud estabilizado.	149

Índice de Anexos

TABLA A-1. Fichas técnicas para recolección y análisis de datos de EMS

TABLA A.2. Cuadro de clasificación de suelos SUCS

TABLA A.3. Sistemas de Clasificación AASHTO

TABLA A.4. Ficha de exploración Geotécnica

CUADRO B.1 Procesamiento de Resultados de Limite Líquido y plástico.

CUADRO B.2 Procesamiento de Resultados de Contenido de Humedad.

CUADRO B.3 Procesamiento de Resultados de Análisis Granulométrico.

CUADRO B.4 Ficha Técnica para procesar resultados de Corte Directo.

CUADRO B.5 Procesamiento de Resultados de Pesos Específicos.

CUADRO B.6 Procesamiento de Proctor modificado en laboratorio

CUADRO B.7 Procesamiento de Equivalente de Arena en laboratorio

CUADRO B.8 Ficha Técnica para procesar Resumen de Laboratorio.

Resumen

En la investigación presente se desarrolla la propuesta de solución para la estabilización del talud del tramo km. 0+000 – 0+292, puente San Gerónimo – Puente Raymondi, previo a la obtención de resultados de laboratorio respecto a la caracterización geotécnica del talud explorada in situ, con la finalidad de obtener resultados del factor de seguridad del talud, la misma que será comparada con la obtención de resultados del factor de seguridad mediante tres modelos de maqueta que serán ensayadas a escala reducida. Se desarrolla los objetivos trazados en la presente investigación así como obtención de los factores de seguridad del talud natural y el talud estabilizado a escala reducida.

En laboratorio se ha desarrollado la obtención de resultados productos de ensayos estándares y especiales para el cálculo del peso específico del suelo $\gamma=1.71\text{gr/cm}^3$, fricción $\phi=32.31^\circ$, cohesión $C=0.18\text{ kg/cm}^2$, etc. que permite caracterizar geotécnicamente las propiedades mecánicas de los suelos según las clasificaciones de las normativas vigentes.

El desarrollo del talud a escala reducida tanto para el talud natural y talud estabilizado nos ha permitido obtener resultados de fuerzas máximas de 1985.30 kg, 2665 kg, respectivamente ensayadas en laboratorio.

También se obtuvo deformaciones máximas verticales de 11.50mm para la probeta P-2 del talud natural, 19.50mm para la probeta P-3 del talud estabilizado; esfuerzos aplicados a las tres probetas para cada talud.

Se ha desarrollado el análisis comparativo de los taludes tales como la variación de los factores de seguridad, variación de la carga aplicada durante el ensayo, variación de las resistencias, definir la participación de esfuerzos y similitudes.

Finalmente la obtención de la relación de factor de seguridad de 72.67% lo que significa que el factor de seguridad aumento en un 28.33%; con la finalidad de contrastar la hipótesis de la investigación, por ende el diseño de la investigación es experimental.

Palabras claves: caracterización geotécnica, escala reducida, estabilización de talud, factor de seguridad, modelo de talud, probeta de ensayo, talud crítico.

Abstract

In the present investigation, the solution proposal for the stabilization of the slope of the km section is developed. 0+000 – 0+292, San Gerónimo Bridge – Raymondi Bridge, prior to obtaining laboratory results regarding the geotechnical characterization of the slope explored in situ, in order to obtain results of the slope safety factor, the same as it will be compared with the obtaining of safety factor results by means of three mock-up models that will be tested on a reduced scale.

The objectives outlined in the present investigation are developed as well as obtaining the safety factors of the natural slope and the stabilized slope on a reduced scale.

In the laboratory, the results obtained from standard and special tests have been developed to calculate the specific weight of the soil $\gamma=1.71\text{gr/cm}^3$, friction $\phi=32.31^\circ$, cohesion $C=0.18\text{ kg/cm}^2$, etc. that allows geotechnical characterization of the mechanical properties of soils according to the classifications of current regulations.

The development of the slope on a reduced scale for both the natural slope and stabilized slope has allowed us to obtain results of maximum forces of 1985.30 kg, 2665 kg, respectively tested in the laboratory.

Maximum vertical deformations of 11.50mm were also obtained for the P-2 test piece of the natural slope, 19.50mm for the P-3 test piece of the stabilized slope; stresses applied to the three specimens for each slope.

The comparative analysis of the slopes has been developed, such as the variation of the safety factors, variation of the load applied during the test, variation of the resistances, defining the participation of efforts and similarities. Finally, obtaining the safety factor ratio of 72.67%, which means that the safety factor increased by 28.33%; in order to contrast the research hypothesis, therefore the research design is experimental.

Keyword: geotechnical characterization, reduced scale, slope stabilization, safety factor, slope model, test specimen, critical slope.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Los siguientes enunciados de la situación problemática en gran parte son propios del investigador.

El problema de transitabilidad vehicular es muy frecuente en la zona de los Olivos del Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz, Departamento de Ancash.

Se puede identificar según su caracterización de la geomorfología que presenta la zona, imponiéndose una característica particular de tipos de geología, con problemas geotécnicos y geológicos que presentan las obras de infraestructura vial en la zona identificada.

Por la naturaleza que tiene el tramo en estudio, presenta problemas graves de deslizamiento, desprendimientos de talud, deterioro de la calzada asfáltica existente.

Produciendo interrupciones repentinas de infraestructura vial de acceso al puente Raymondi que conecta a la ciudad de Huaraz, riesgos de colapsos de viviendas y pérdidas humanas.

Mayormente los deslizamientos se producen en épocas de lluvias.

Por otro lado, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones por medio de Provias Nacional no desarrolla actividades de mantenimiento periódicos ni rutinarios de la vía afectada, incurriendo a mayores costos en operación y mantenimiento en el tiempo por deterioro frecuente (Ancash Noticias AN).

Así mismo, la Municipalidad Distrital de Independencia en el área urbana desarrolla limpiezas muy someras de los bloques deslizadas.

Ninguna de las entidades ha solucionado el problema de fondo respecto a colapsos de taludes producto de deslizamientos por existencia de fluidificación subterránea desde la parte superficial.

Es de gran importancia estabilizar los taludes del tramo identificado para la presente investigación, lo permitirá solucionar el problema que aqueja continuamente la zona de crítica identificada.

A la fecha no existe ninguna investigación, para solucionar el problema principal de colapsos de la infraestructura vial de la zona en estudio.

Específicamente en el tramo crítico identificado, por presentar suelos y/o rocas sueltas en estado de descomposición produciendo deslizamiento ante la presencia de los agentes externos e internos.

En el lado Oeste del tramo identificado existen áreas agrícolas, que producen infiltración de las aguas superficiales que son productos del riego producido por habitantes del lugar. Convirtiéndose en fluidificación subterránea que probablemente incrementan a la desestabilización de los taludes existentes provocando los colapsos de las vías y accesos.

Existen métodos para poder erradicar estos tipos de problemas frecuentes que se presentan en la zona del área identificado. (Suarez 1998)

Se plantea en la investigación la estabilización con banquetta del talud crítico.

El problema se resolverá utilizando técnicas de estabilización de taludes, y el uso de teorías especializadas, que tengan relación directa de características similares al planteamiento de la investigación específicamente. (Gonzales 2002).

Para obras de infraestructuras viales, consistirá en reducir el ángulo de inclinación del talud y con la colocación de una banquetta intermedia.

Por otro lado, se podrá garantizar el confort al ciudadano, mediante la transitabilidad de los vehículos que circulan diariamente que están propensas al peligro, tales como: buses que transportan cargas y pasajeros, volquetes y camiones que transportan productos de primera necesidad, materiales de construcción.

Por ser la Carretera Casma-Huaraz una vía principal de alta transitabilidad que conecta la costa con la sierra, y siendo Huaraz la Capital de la Región, y por la gran importancia de las obras que se ejecutan a nivel de la Departamental. (Decreto Supremo N° 017-2007-MTC)

Ante los problemas que se suscitan al año, es necesario fortalecer la infraestructura vial específicamente en el tramo identificado.

Con la finalidad de ofertar el confort a los beneficiarios que transitan diariamente que transportan personal, productos, materiales de construcción, etc., en el ámbito de la zona de Ancash y la Capital Lima.

1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera el Análisis de Caracterización Geotécnica influye en la determinación del modelo de estabilización de talud a escala reducida, para obras de infraestructura vial del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), en el Distrito Independencia de la Provincia de Huaraz del Departamento de Ancash, Perú-2021?

Problemas Específicos

- a) ¿En qué medida los ensayos estándares y especiales me permite realizar un análisis adecuado de caracterización geotécnica para la obtención de la composición de propiedades físicas, mecánicas, de

suelos , en el Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), en el Distrito Independencia de la Provincia de Huaraz del Departamento de Ancash, Perú-2021?

- b) ¿Qué comportamiento tiene el talud actual del tramo Puente San Gerónimo-Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), habiéndose determinado los resultados de caracterización geotécnica?
- c) ¿Cuál sería el comportamiento del modelo de talud estabilizado a escala reducida durante el ensayo?
- d) ¿En qué medida el método de equilibrio limite me permite obtener la relación del factor de seguridad según la caracterización geotécnica del talud existente versus el modelo de talud estabilizado a escala reducida?

1.3 Justificación de la Investigación

1.3.1 Justificación Teórica

Es oportuno llevar a cabo esta investigación, para solucionar un problema latente de deslizamiento en el Barrio de los Olivos (Km.0+000 - 0+ 292). El objetivo de la mejorar del modelo de estabilización del talud previa determinación de la caracterización geotécnica para perfeccionar la transitabilidad vehicular y optarle el confort a los beneficiarios directos e indirectos por tratarse de una infraestructura vial principal de primera clase a nivel Nacional.

La vinculación de conocimientos se dará a través del uso de las herramientas tales como: técnicas y métodos que sirvan para la obtención de la caracterización geotécnica y solucionar la estabilización de taludes.

Podremos determinar exactamente el comportamiento actual del talud en su estado más crítico.

Luego se podrá plantear la relación ante un modelo teórico de estabilización de talud a escala reducida. Como base fundamental utilizaremos las teorías de mecánica de suelos y estabilidad de taludes. Por ende se hará uso la teoría de medios continuos para determinar el comportamiento geotécnico del talud.

1.3.2 Justificación Práctica

En comparación de otras realidades, nuestro país es ajeno a las realidades que presentan otros países tales como México, Estados Unidos, etc., que tienen relieves no accidentadas en la gran mayoría de su extensión.

Finalmente, con la aplicación de las teorías establecidas y desarrolladas en la ingeniería geotécnica, el desarrollo de la estabilización de taludes a escala reducida, que es propuesta inédita en la presente investigación, servirá para verificar el comportamiento real de un talud a escala reducida para similares caracterizaciones geotécnicas.

Para las futuras líneas de investigación, el aporte a nuestra realidad geotécnica que aqueja nuestra nación por la variedad geomorfológica que presenta, podrán obtenerse similares relaciones de caracterización geotécnica de taludes con mayores investigaciones en líneas de la ingeniería geotécnica para cualquier tipo de talud en obras de infraestructuras viales.

Limitaciones de la Investigación

La investigación se limita en cuanto a su desarrollo abarcando solamente el análisis a nivel estático.

El desarrollo de las probetas a escala reducida se limita solamente a la parte geométrica que presenta el talud natural (si es posible la obtención con la topografía) y de la propuesta del talud estabilizada (en un ángulo de 45° para la primera banqueteta y 57° para la segunda banqueteta), no se considera las dimensiones (rocas) que puedan presentar internamente el talud por ser un caso imprevisto e imposible de representar su análisis en laboratorio.

Por otro lado se precisa que los análisis del talud no consideran los esfuerzos laterales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar la Caracterización Geotécnica para determinar el modelo de estabilización de talud a escala reducida, del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), en el Distrito Independencia de la Provincia de Huaraz del Departamento de Ancash, Perú-2021.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Desarrollar la caracterización geotécnica del talud actual Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292).
- b) Analizar el comportamiento del talud actual del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), según la caracterización geotécnica de los resultados obtenidos en laboratorio.
- c) Desarrollar un modelo de estabilización de talud a escala reducida, con la caracterización geotécnica obtenida del del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292).
- d) Determinar la relación del factor de seguridad del talud natural del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), versus el factor de seguridad de la modelo estabilizada ensayada a escala reducida.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Filosófico o epistemológico de la investigación

Caberio y Watzlawick (1998), considera que la Epistemología, según (del griego episteme, que significa conocimiento, logos, teoría), describe que es la rama de la filosofía, trata de problemas filosóficos que circundan la teoría en el área del conocimiento. Por otra parte describe que la epistemología se ocupa de la definición del saber y de los conceptos a fines, las fuentes, los criterios, el grado de veracidad del conocimiento y los tipos, buscando una aproximación de lo que conoce y el objeto conocido.

2.2 Antecedentes de la Investigación

Arestegui (2018). El autor desarrolla la tesis en el lugar flanco occidental de los andes del sur del Perú, entre los 2950 y 3880 m.s.n.m., de la ciudad de Moquegua, distrito de Torota.

Tesis fue desarrollada en la Universidad de San Agustín de Arequipa. El tema principal es solucionar la activación de la cuña producida producto del minado, que representan un riesgo para los estándares de operación. Por tanto propone la estabilización de talud en la zona afectada.

El autor plantea la solución aplicando el método de los elementos finitos para todos los casos, con miras a la estilización de taludes, realizo previo trabajo de reconocimiento de las causas de la estabilización de

taludes existentes en los sectores que investiga talud Sur-Oeste de fase 5.

Finalmente propone realizar el diseño del talud, cubicar el material a remover, la programación de tareas, y el monitoreo e instrumentación geotécnica.

Mendoza (2016). El autor refiere la investigación realizada en la mina Antapacay ubicado en la provincia de espinar de la región cusco.

Se basa la tesis en el desarrollo descriptivo de mecánica de suelos, el uso de los métodos de estabilidad de taludes y peligro sísmico.

Dentro de sus objetivos principales plantea realización de los cálculos respecto a los factores de seguridad y por ende determinar los parámetros respecto a diseños en taludes en más de 100m. de altura.

Según su desarrollo, hace énfasis las condiciones pseudoestáticas, en banco y global según los estudios de métodos de cálculos de los factores de seguridad. Sus conclusiones afirman que es necesario para sus análisis, la consideración de los estratos presentes en el talud.

Hace énfasis que no todo el estado es de una solo característica de un suelo único, para la cual el análisis de estabilidad realizada cumple para esas condiciones estáticas. Concluye el autor que el factor de seguridad es de 1.002.

A la vez refiere que para condiciones estáticas de la estabilidad puede ser proporcionada por características geotécnicas según la caracterización de los materiales, evidencia que podría existir riesgo de licuefacción en el área. A la vez todas las secciones que analizo en la investigación presentan ángulos de inclinación de 37°.

Sackschewski (2017), el autor describe que, la investigación fue llevada a cabo en la provincia de Canta, Departamento de Lima, la tesis fue desarrollada en la UNMSM. El problema principal fue la solución a la estabilidad de los taludes de la vía Canta-Huayllay en sectores propensos de fenómenos de geodinámica externa con riesgo medio a muy elevado.

El objetivo fue brindar las soluciones seguras en cuanto a geotecnia segura, eficiente, económica óptima, garantizando la funcionalidad. La investigación fue del tipo experimental demostrándolo haber investigado en cuanto a información bibliográfica y trabajos de ensayos en laboratorio.

Que le sirvió para los análisis de la estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio límite utilizando Bishop Simplificado y Spencer para deslizamiento de forma circular.

Para rocas fracturadas ha utilizado el criterio usual de Hoek Brown y con la ayuda del software más reconocido en la ingeniería geotécnica Slide. Por ende ha usado el criterio de Mohr-Columb para tipos de suelos deposito coluvial (GP-GC), deposito coluvio-aluvial (GC) análisis desarrollado.

Finalmente, ha obtenido los resultados de factor de seguridad a nivel de análisis estáticos y dinámicos (sísmico), resultando aplicar medidas correctivas para lograr una estabilidad de cortes de taludes en el Km. 102+780 al km 103+020.

En los Km. 104+920 al km. 105+010, obtuvo resultados del tipo de suelos SC-SM y ML y subdrenes, de la misma manera los resultados fueron modelos con los análisis sísmicos pseudo-estáticos.

Breña (2019), describe el autor, que desarrollo en la carretera zona Norte-Oeste de la Región Cajamarca perteneciente a la localidad de Jaén, tesis desarrollada en la UNMSM. El problema principal es la cohesión de suelo uno de los parámetros geotécnicos más determinantes, ello interrumpiendo el paso de la transitabilidad vehicular.

Siendo el objetivo principal evaluar la caracterización geotécnica de los pesos unitarios, el ángulo de fricción interna del suelo, la cohesión, y los límites de Atterberg, para que realice la interacción de presencia

suelo-roca para ver la afectación de los taludes; además considera un estudio completo de geológico, geomecánica de rocas, agua y geofísica.

Los análisis para la determinación de los factores de seguridad fueron determinados según el análisis pseudo estático y simplemente estático, con la única finalidad de la estabilizar de los taludes en la progresiva 61 de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple.

Según los cálculos obtiene factor de seguridad mínima es de 1.0 aplicando software Slide que es un indicador de colapso, teniendo en consideración el mapa de isoaceleraciones obteniendo valor de 0.30 g.

Por tanto, el estudio trata de analizar su desempeño del talud para un factor de 1.5 mínimamente (para estabilizar el talud para seguridad estáticamente)) considerando los factores que aquejan en cuanto a filtraciones que fractura las rocas, analiza las líneas equipotenciales, líneas de máxima saturación, capa freática.

Describe que los colapsos y reptaciones en los taludes de la carretera, debido a que los suelos tienen espesores mayores de 30m.

La obtención de la caracterización geotécnica vecina, le sirvió para estabilizar en los puntos más críticos, también describe que desarrollo el análisis de infiltración de los suelos y considerando el factor ambiental en cuanto a la variación de sus temperaturas, detectándose los resultados las arcillas de sus variaciones en cuanto a contraerse y expandirse, originando desplazamiento del talud, las temperaturas son determinantes por la variación de 5°C -10°C porque congelan a las arcillas y produce fracturas, y desplazamientos en el talud.

Las ondas sísmicas originan colapsos en rocas deslizándolas, y recomienda canalizar el cerro para mitigar la filtración del talud. Finalmente indica que por falta de TDR de estudio de hidrología,

hidrogeología han permitido las filtraciones que activen los movimientos y fracturamientos en rocas de talud

Barrios & Morales (2000). Esta Investigación se desarrolla en la universidad Metropolitana, el objetivo es proponer un método que economice la estabilización de taludes, como una alternativa de estabilización, hace énfasis que es para solucionar problemas de estabilización de taludes por ser económico y versátil para su aplicación.

Según el desarrollo de sus resultados por el método experimental realizo nueve ensayos, en cada una de ellas aplico carga sobre el talud, en el primero no coloqué ningún refuerzo, en las demás coloqué hincando barras de acero en la cara expuesta del talud, variando los parámetros del talud así como a inclinación, diámetro y patrón de colocación, luego con la lectura del deformímetro pudo obtener la deformación vertical a consecuencia de las cargas verticales aplicadas. Concluyendo que este método impuesto del claveteo mejora significativamente la estabilización de talud es logrando 52.86 hasta 832% más carga de llegar a la falla por un esfuerzo de barras inclinadas, de diámetros de 3/8".

Valverde (2010), En su descripción enfatiza analizar el factor de seguridad, para analizar la influencia de las precipitaciones según el objetivo del talud en cuanto a la succión y estabilidad, definir como uno de los factores desencadenantes de su país de México, específicamente de un poblado las Nubes en la provincia de San José.

Según el análisis del suelo saturado y para su determinación de esfuerzos de succión, para usos específicos de la ingeniería geotécnica en obras civiles.

Llevo a cabo exploración en campo e instrumentación pluviométrica, y determino la caracterización del suelo en laboratorio.

Utilizo en campo tensiómetro para medir directamente la succión del terreno, y utilizo un inclinómetro para medir los desplazamientos horizontales del talud de terreno de 28m de altura (pendiente pronunciada), corona de 21m., y la cara de ladera mide 62.m de longitud.

La importancia del aporte de esta investigación es, en el contexto que desarrolla un gran aporte del comportamiento de su resistencia del suelo frente a la exposición del esfuerzo cortante, determino que el agua afecta en cuanto al esfuerzo del suelo.

La influencia de la precipitación pluvial menciona que es determinante debido a que disminuye la capacidad del factor del talud. En su análisis probabilístico desarrollo los índices de confiabilidad a partir del promedio de la desviación estándar según sus variables.

Comparando con el análisis determinístico según los datos puntuales, logrando disminuir la incertidumbre de los parámetros empleados, por tanto, asegura que el análisis de la influencia en cuanto a la succión del comportamiento de la estabilización de los taludes es importante ya que genera un aumento de factor de seguridad.

Suarez (1998), refiere el autor que el comportamiento de cualquier talud induce a la obtención de un factor de seguridad mediante el uso de los modelamientos matemáticos, teniendo en cuenta que los factores que aquejan a la estabilización de los taludes, considerando mínimamente a los productos de factores de movimientos sísmos, fluidificación del suelo, cargas estáticas y dinámicas, caracterización geotécnica y geológica, presencia de grietas internas debido a esfuerzos, es importante que no debemos de dejar de considerar la geometría del talud. Así mismo refiere que los cálculos matemáticos no son óptimos para todos los casos debido a que no obtendremos

resultados reales, por tanto, que en manos del proyectista o ingeniero encargado del estudio.

En su investigación estudio a las superficies de áreas planas, superficies logarítmicas, superficie circulares, y parabólicas, considerando las combinaciones de las mencionadas. El desarrollo se basa para fallas no simétricas de superficies, y para suelos aluviales y coluviales isotrópicas que significa que en un análisis tridimensional las características del suelo son la misma en todas las direcciones de los ejes de análisis.

Barrera (2014). Esta investigación trata del desarrollo de una investigación internacional, llevada a cabo en la ciudad de México, específicamente para el desarrollo y mantenimiento de carreteras, según la tesis muestra que dará solución a un escenario de topografía accidentada, con geología con zonas inestables.

Existen presencia de fuerzas producidas por los sismos, huracanes, lluvias frecuentes y torrentes. Por otra parte su problema principal menciona que es la falta de tecnología para la construcción para la estabilización de carreteras.

Induciendo a los riesgos, dentro de las dificultades más resaltantes se encuentra la erosión y la estabilidad de taludes carreteros, que es determinante por la inclinación de los taludes debido a que se encuentran cortadas de forma inadecuada, si tomar el interés de estabilizar que el propósito fue de ahorrarse en el costo de mantenimiento de carreteras.

Pese a que la entidad correspondiente de comunicaciones y transporte destina los recursos económicos con la finalidad de la conservación y el mantenimiento y prever los problemas de colapsos originados principalmente por la presencia de lluvias. El objeto de su desarrollo es obtener por tanteos la geometría ideal del sistema esperando obtener un factor de seguridad mayor al de la falla inicial, según la caracterización geométrica de un ángulo de fricción interna, peso

específico, y la cohesión, ejecuta su experimento a escala con la única finalidad de analizar su comportamiento del talud por medio del método analítico.

Realiza una simulación de talud sometiéndolo a ensayo según los fenómenos que pueda sufrir la carretera, bajo efectos controlados de precipitación de lluvias fuertes lo que logra analizar las consecuencias de escorrentía y erosión en el talud.

Gardner & Gerard (2003), según su redacción científica presenta mediciones de escorrentía y erosión en suelos agrícolas, específicamente en parcelas inclinadas en una cuenca de Nepal.

En los periodos 1992 y 1993, indica que los coeficientes de escorrentías varían del 5% al 50% esto según la manifestación física de la terraza en cuanto a la exposición de lluvias frecuentes, las pérdidas de suelos varían de 2.7 ha a 8.2 t ha – 1 para 1993 y hasta 12.9 t ha – 1 para 1992 siendo las tasas más bajas de perdición que lo ocurrido en las colinas de Himalaya.

En cuanto bajo cultivo tradicional son similares las obtenidas, los resultados sugirieron que podría ser una reevaluación del grado de degradación de la tierra en tales áreas.

En cuanto a la relación de pérdidas de suelo y las características que mostraban las precipitaciones fueron muy variables en su intensidad ante el talud, mejorando enormemente su comportamiento cuando se colocó la cobertura vegetal.

Finalmente recomienda que dependerá de la geometría y las propiedades, el mantenimiento de algún tipo de cobertura del suelo si se quiere minimizar la escorrentía y la erosión para las terrazas en taludes usualmente a las características de su investigación.

Berilgen (2007), en su investigación expresa que la estabilidad de un talud depende de su geometría, las propiedades del suelo o

caracterización geotécnica y de las fuerzas internas y externas a que se estará sometido internamente y externamente el suelo en análisis.

Analiza las fuerzas internas en cuanto a las presiones de poros y de aguas, las cuales menciona que tiene consecuencias tales como: hidrogeológico, hidrodinámico, según el comportamiento interno de los confines de la estabilidad del talud para superficie en pendiente.

Por un lado, en su descripción científica indica que, debido a la caída rápida, habrá una disminución en la estabilidad de la pendiente que podría conducir a la inestabilidad en pendientes que no tienen suficiente nivel de seguridad contra fallas.

Esta investigación presenta la estabilidad de taludes durante la caída según la función de su permeabilidad y característica única del suelo, la tasa de caída y la relación de caída frecuentemente, considerando el comportamiento del material en su rango no lineal y las condiciones de carga que está sujeto en su comportamiento real.

Además, indica que realizó un análisis acoplado de filtraciones y deformaciones transitorias, junto con el análisis de estabilidad según las metodologías utilizadas e idóneas, para el análisis utilizó el FEM para taludes sumergidos en el campo hidrogeológico. Es importante mencionar que tiene en cuenta el comportamiento del material en su estado elastoplástico que es en el rango no lineal del suelo del talud mientras se realiza el análisis y modelo de la generación y disipación de la presión intersticial presentada durante su investigación.

Shih-Kai et al. (2012), en esta investigación, se estableció que los taludes pueden fallar por la inestabilidad mostrada por la erosión, pendiente topográfica, caracterización geotécnica del suelo, y la intemperie a que está expuesta. significativamente cuando se plantaron con abono verde, el índice de la erosión del suelo calculadas por la ecuación universal a partir de los datos óptimos disponibles fue considerablemente más altas que los valores medidos en el campo. La

comparación reveló que la conservación del suelo utilizando arrozales en terrazas plantados con arroz fue más eficaz que la resultante de otros usos. El gobierno debería formular medidas efectivas y mantener la siembra de arroz sostenible en los arrozales en terrazas.

En la ingeniería existen muchos modelos que sirven para determinar la erosión del suelo, así como también modelos muy utilizados en la actualidad.

León (2001), en su investigación trata de la remediación de suelos en cuanto a la erosión por la existencia de obras se tiene presencia de exposición de masas de suelos y de subsuelo, con pronunciadas pendientes no adecuadas, y invadidas por cualquier vegetación, las cuales hacen vulnerable al desplazamiento de masas, y erosión hídrica y reptación de suelos. También Incorpora las condiciones teóricas y prácticas para un caso de la erosión hídrica, específicamente para las realidades tropicales en casos húmedos, es muy especial en su descripción que da a entender que es con la finalidad de llegar las consultas a todos los estudiantes a nivel tecnológico y profesional, es importante que desarrolla y hace énfasis en el marco del programa ambiental dentro de su jurisdicción.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Factor de Seguridad Global

Suárez B. (2016). El factor de seguridad es un concepto que se utiliza para garantizar el desempeño de un talud en su conjunto, también es llamado el índice relacionado al corte de un macizo rocoso en una ruptura respecto al equilibrio de corte del terreno. Se analiza las ecuaciones según los esfuerzos considerando la superficie de falla inclinada de deslizamiento. El concepto está ligado netamente al método de equilibrio limite, con condiciones estáticas y dinámicas de ruptura.

Suárez B. (2016). Para la aplicación práctica sugiere la condición de las laderas y taludes en cuanto a su diseño, los parámetros de resistencia deben de ser los efectivos, analizado el material desde su fundamento de caracteriza Indrenadas, según el cuadro siguiente los factores de seguridad se incrementarán en 34%.

Cuadro 1. Factores de seguridad recomendados para definir estabilidad en taludes

Condición		F_s	P_f
Para el caso estático	Durante la construcción	≥ 1.2	0
	Vida Útil, caso estático	≥ 1.5	< 0.5
Para el caso dinámico	Durante la construcción, sino de servicio	≥ 1.0	< 2
	Vida útil, sismo de diseño	> 1.0	< 5

Fuente. Suarez B. (2016), *Análisis de estabilidad de taludes*, pg. 3.

Según las características de seguridad podrán variar según la duración del proceso de los terraplenes, y por ende según el tratamiento del talud.

Otros conceptos de factores de seguridad

Beneyto A. (2011). El autor fundamenta su análisis partiendo de la resistencia de materiales, los métodos de equilibrio límite, mediante soluciones determinísticas, con la finalidad de obtener el factor de seguridad, busca algunas técnicas eficaces iterativas.

Fellenius (1922) presentó fundamenta la resistencia al corte del material del talud, esfuerzo de corte crítico, en el rango supuesto de falla de un talud, buscando el equilibrio de la superficie de falla, ubicando el centro donde actúan los momentos y el centro de análisis:

$$F.S. = \frac{RESISTENCIA\ AL\ CORTANTE\ DISPONIBLE}{ESFUERZO\ AL\ CORTANTE\ ACTUANTE} \quad (2.1)$$

Para el análisis estático tenemos el factor de seguridad en el siguiente cuadro 2.

Cuadro 2. Factores de seguridad para los análisis estáticos.

Factor de seguridad	Estado del talud
FS < 1	Es estable o ya colapsado
FS > 1	Estable
FS = 1	Riesgo en falla inminente

Fuente. elaboración propia.

Y los factores de seguridad calculados para exhaustivo análisis dinámico o sísmico, según la Norma peruana E.030 considera lo siguiente: un factor mínimo de FS=1.25 para el caso que tenga presencia de sísmicas.

Y las normas extranjeras (según Yang H. Huang, Stability Análisis of Earth Slopes). el factor de seguridad oscila de 1.20 a 1.50.

El Ministerio de transportes y Comunicaciones, según el Manual de Carreteras, en su numeral 304.10 Taludes, propone los valores referenciales con respecto a salud según el tipo de material, detalla del cuadro 3.

Cuadro 3. Valores referenciales para los Taludes en corte (H:V)

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material			
			Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas	
Altura de corte	<5m	1:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
	5-10m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de baquetas y/o estudio de estabilidad.

Fuente: Manual de Carreteras, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.3.2 Método de equilibrio límite para rupturas planas

Suárez B. (2016). Según el autor menciona quizá puede mostrar la ruptura de análisis de tipo plana al contacto, especialmente se produce en presencia de suelo permeable por encima de uno impermeable. La superficie de rotura potencial del talud y estando a una profundidad siendo menor a la longitud del talud. Lo usual es considerar que el talud tenga una longitud infinita para ser ignorada supuestamente en favor de la seguridad del talud.

2.3.2.1 Talud seco en material incohesivo.- Dependerá del talud según su ángulo de fricción interna ϕ . De la figura

1., se deduce que las fuerzas paralelas a la pared vertical y horizontales son iguales y opuestas, se determinan por equilibrio estático las fuerzas normales de las dovelas. Suárez B. (2016).

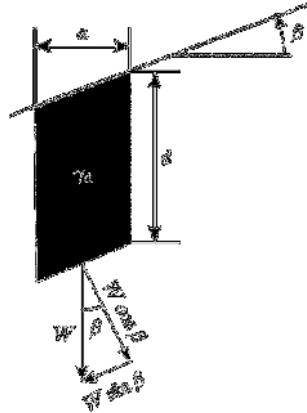


Figura 1. **Esquemmatización de la delimitación de un talud seco en arena.**

Fuente. Suarez B. (2016), Análisis de estabilidad de taludes.

El factor de seguridad está dado por:

$$f_s = \frac{F_r}{F_m} \quad (2.2)$$

Según las descomposiciones por equilibrio límite de la figura 2.2

$$f_s = \frac{W \cos\beta \tan\phi_d}{W \sin\beta} = \frac{\tan\phi_d}{\tan\beta} \quad (2.3)$$

Considerando $f_s=1$, se tendrá:

$$\beta_{max} = \phi_d \quad (2.4)$$

2.3.2.2 Talud saturado en material cohesivo. - Suárez B. (2016). el autor considera un talud infinito como en el caso anterior, para suelo drenante inelástico y saturado, obtiene en términos de peso unitario, para $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

$$f_s = \frac{\gamma' \tan\phi_d}{\gamma_{sat} \tan\beta} \quad (2.5)$$

2.3.2.3 Talud saturado indrenado. – Suárez B. (2016). con material encontrándose saturado y drenado sin flujo, siempre el talud infinito estando con el caso indrenado, analizado específicamente según el material no siendo disipado las presiones del tipo intersticial. Entonces se tiene las fuerzas movilizante:

$$F_m = \gamma_{sat} da \sin\beta, \quad (2.6)$$

La fuerza resistente está dada por:

$$F_r = C_u \frac{a}{\cos\beta} \quad (2.7)$$

Por lo tanto, el factor de seguridad al deslizamiento es:

$$f_s = \frac{C_u}{\gamma_{sat} d \cos\beta \sin\beta} \quad (2.8)$$

2.3.2.4 Talud de la superficie de terreno con presencia de nivel freático.

Suárez B. (2016). Taludes que dan con la horizontal “ β ” con respecto a la inclinación del corte de un talud, y la profundidad del plano de

rotura “d”, con presencia en la pendiente de nivel freático, la superficie de rotura del terreno se encuentra a m veces d , donde: $0 \leq m \leq 1$,

$$m = \frac{d_W}{d}; \quad (2.9)$$

La profundidad hasta el nivel freático es: $z_W = d - d_W$ (2.10)

Según el criterio de la rotura de Mohr-Colom en un plano se tiene:

$$\sigma_r = (\sigma_{\perp} - u) \tan \phi' + c' \quad (2.11)$$

Considerado encima del nivel freático será el peso unitario γ^* con los esfuerzos perpendiculares de rotura (σ_{\perp}), paralelo a la (σ_{\parallel}) y la presión intersticial y se representan:

$$\sigma_{\perp} = [(1 - m) * \gamma^* + m\gamma_{sat}]d \cos^2 \beta, \quad (2.12a)$$

$$\sigma_{\parallel} = [(1 - m) * \gamma^* + m\gamma_{sat}]d \sin \beta \cos \beta, \quad (2.12b)$$

$$u = md\gamma_W \cos^2 \beta, \quad (2.12c)$$

$$\text{Desarrollando: } f_s = \frac{\sigma_r}{\sigma_m}$$

$$f_s = \frac{[m\gamma_{sat} + (1-m)\gamma^* - m\gamma_W]d \cos^2 \beta \tan \phi' + c'}{[m\gamma_{sat} + (1-m)\gamma^*]d \sin \beta \cos \beta} \quad (2.13)$$

Recomienda utilizar el nivel freático por la parte superior del nivel freático siendo un aproximado $\gamma^* \approx \gamma_{sat}$ por lo tanto tendríamos:

$$f_s = \frac{(\gamma_{sat} - m\gamma_W)d \cos^2 \beta \tan \phi' + c'}{\gamma_{sat}d \sin \beta \cos \beta} \quad (2.14)$$

2.3.2.5 La relación en cuanto a la presencia de presión intersticial versus los esfuerzos totales.

Suárez B. (2016). Sirve para obtener una relación del talud infinito en base al flujo estacionario, de presión de forma intersticial siendo un esfuerzo vertical (σ_v) que es definida por el factor (r_u), siempre con la característica que presenta la falla en la superficie del terreno

de falla o rotura. En base a la columna de agua sobre la dovela se tiene:

$$d_W = md \quad (2.15)$$

Considerando el peso de las dovelas sobre la superficie inclinada s , se tiene:

$$W_W = a d_W \gamma_W \cos\beta \quad (2.16)$$

Considerando el peso W_w , $s = a \sec\beta$, entonces:

$$\sigma_W = md \gamma_W \cos^2\beta \quad (2.17)$$

$$W_s = ad \gamma_{sat} \quad (2.18)$$

$$r_u = \frac{\gamma_W}{\gamma_{sat}} m \cos^2\beta \quad (2.19)$$

2.3.2.6 Ábacos del cálculo.

Suárez B. (2016). sin iteraciones se tiene la ecuación 2.14, pero según los antecedentes se tiene ábacos para determinar los factores de seguridad. Con la relaciones de análisis, del centro de la dovela, según las condiciones hidráulicas se tiene la ecuación 2.19: la expresión 2.14 y agrupando sería:

$$\frac{f_s}{\tan\phi'} = \left(\frac{c'}{\gamma_{sat} d \tan\phi'} \right) \sec\beta \operatorname{cosec}\beta + \cot\beta - r_u \cot\beta \sec^2\beta \quad (2.20)$$

A continuación se tiene los ábacos correspondientes en la siguiente figura 2.

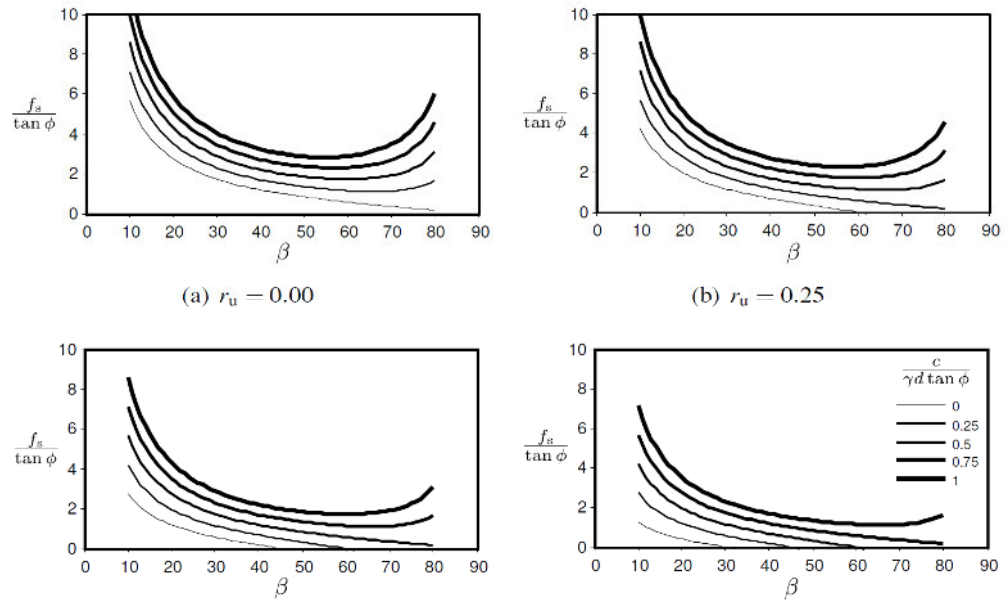


Figura 2. **Ábacos para el cálculo de f_s a cuatro diferentes valores de r_u**

Fuente. Suarez B. (2016), Análisis de estabilidad de taludes.

2.3.3 El Método de equilibrio límite para las rupturas curvas

Según Suarez B. (2016), Clásicamente para solucionar problemas comunes de los taludes se tiene el método del equilibrio límite, para superficies de rupturas curvas, y sostiene una clasificación, de métodos exactos e inexactos, esta se referencian con el método de dovelas y círculo de fricción, los métodos exactos.

Por tanto, el método de equilibrio límite clasifica en la siguiente figura 3.

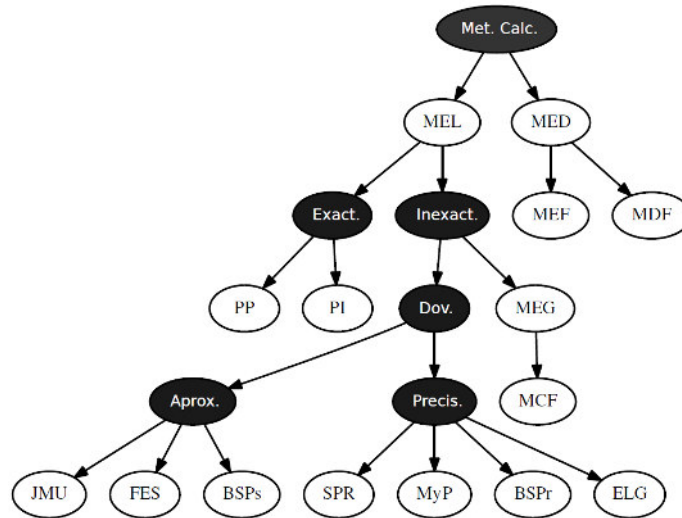


Figura 3. **Clasificación de los métodos de cálculo bidimensionales de estabilidad de taludes.**

Fuente. Suarez B. (2016), Análisis de estabilidad de taludes.

Donde:

MEL: método de equilibrio límite;

MED: método de esfuerzo-deformación;

MEF: método de los elementos finitos;

MDF: método de las diferencias finitas;

PP: ruptura plana paralela a la superficie;

PI: ruptura plana inclinada a la superficie;

MEG: método de estabilidad global;

MCF: método del círculo de fricción;

JMU: método de Janbú;

FES: método de Fellenius;

BSPs: método de Bishop simplificado;

SPR: método de Spencer;

MyP: método de Morgenstern y Price;

BSPr: método de Bishop riguroso;

ELG: método de equilibrio global;

Met. Calc.: métodos de cálculo;

Exact: exactos;

Inexact: inexactos;

Dov: de dovelas;
 Aprox: aproximados;
 Precis: precisos.

2.3.4 Análisis de ruptura circular en condiciones indrenadas

Suárez B. (2016). Para la condición $\phi=0^\circ$, $c=c_u$, en cuanto a las excavaciones provisionales a un corto tiempo que se proyecte el monitoreo de la estabilidad. El método se esquematiza en la siguiente figura 4.

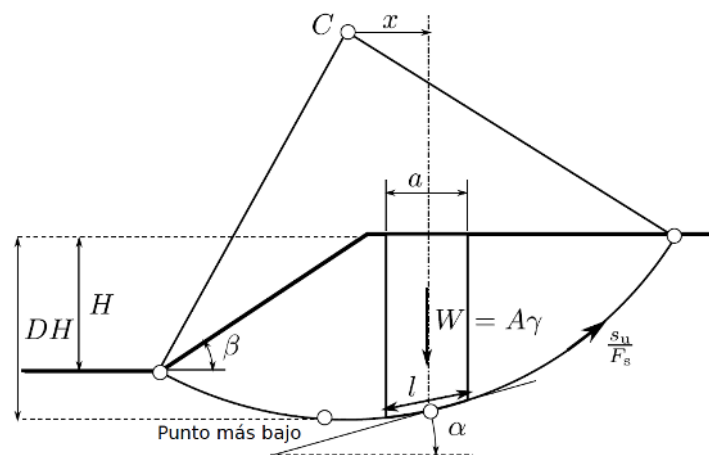


Figura 4. **Grafica de análisis de esfuerzos, deslizamiento circular (método de las dovelas).**

Fuente. Suarez B. (2016), Análisis de estabilidad de taludes.

$$f_s = \frac{\sum s_u \sec \alpha}{\sum p \sin \alpha} \quad (2.21)$$

2.3.5 El Análisis de una ruptura circular en condiciones drenadas

Se puede ver en la figura 5.a., la ruptura circular, y el equilibrio de fuerzas sobre una dovela, según la figura 5.b.

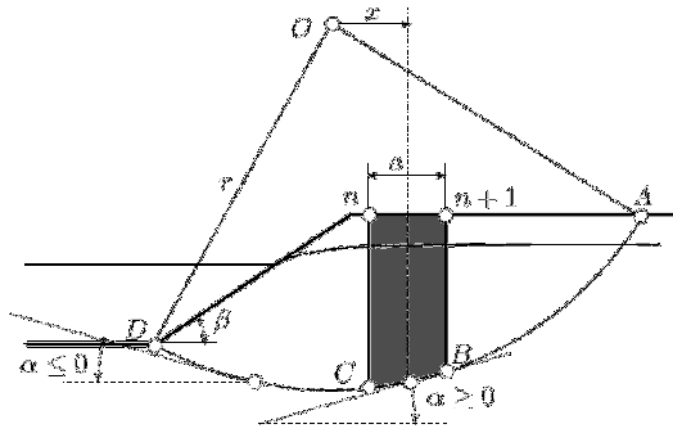


Figura 5.a mecanismo de ruptura circular

Fuente. Suarez B. (2016), *Análisis de estabilidad de taludes*.

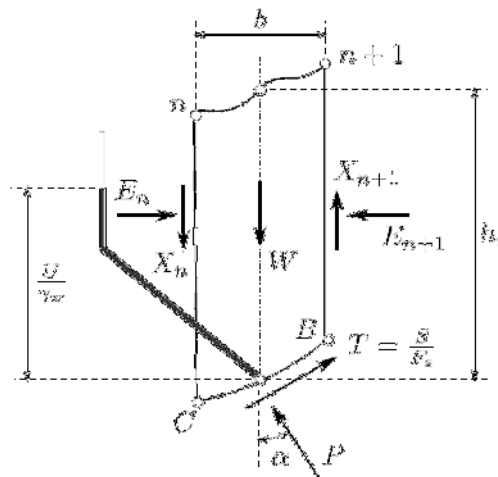


Figura 5.b El bloque de polígono de las fuerzas

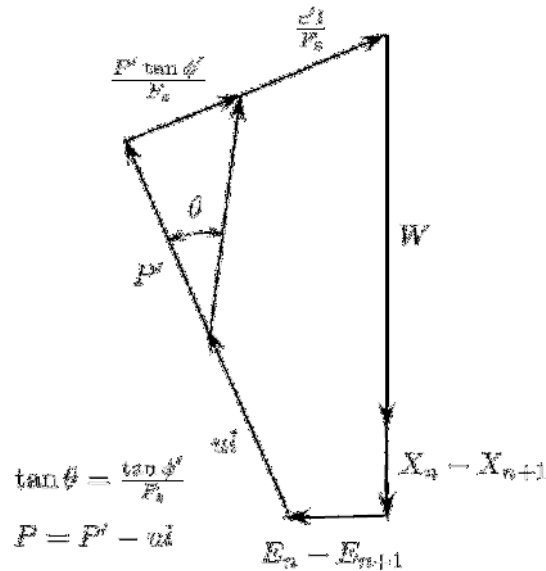


Figura 5.c. esquema de fuerzas al contorno de una dovela

Figura 5. Esquema de la definición para el análisis de esfuerzos efectivos en un talud, método de las dovelas.

Fuente. Suarez B. (2016), Análisis de estabilidad de taludes.

Finalmente se tiene el factor de seguridad según la ecuación (2.22):

$$f_s = \frac{\text{esfuerzos estabilizantes}}{\text{esfuerzos movilizantes}} \quad (2.22)$$

2.3.6 Conductividad hidráulica. Budhu, B. (2011).

Según el autor, la conductividad hidráulica de un suelo en la dirección horizontal o radial es a veces mucho mayor (2 a 10 veces para muchos suelos) que en la dirección vertical y, en consecuencia, C_h es mayor que C_v , generalmente $C_h / C_v \approx 1.2$ a 2. Durante la perforación del pozo y la instalación del drenaje, la capa delgada de suelo en la interfaz del drenaje a menudo se remodela. Esta fina capa de suelo remodelado se llama una zona de frotis. Los valores de C_v y C_h suelen ser mucho más bajos en la zona de frotis que en el suelo natural. Es habitual utilizar valores reducidos de C_v y C_h para tener en cuenta la zona de mancha.

El grado medio de consolidación para la disipación vertical y radial de la presión intersticial (U_{vr}) es:

$$U_{vr} = 1 - (1 - U)(1 - U_r) \quad (2.23)$$

Donde U es el grado medio de consolidación para el drenaje vertical ver ecuación (2.24) y U_r es el promedio grado de consolidación para drenaje radial.

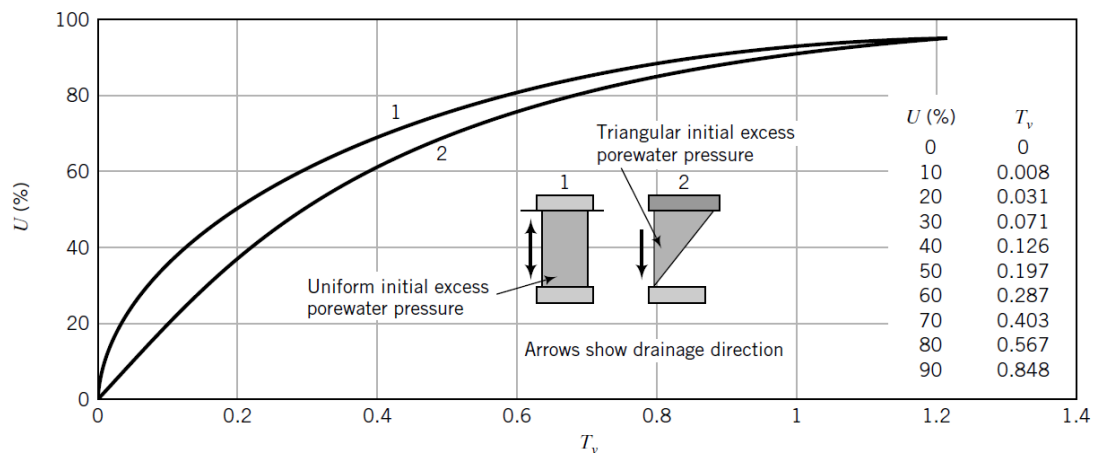


Figura 6. **Relación entre el factor tiempo y el grado medio de consolidación de una distribución uniforme y una distribución triangular del exceso de presión intersticial inicial.**

Fuente. Budhu, B. (2011).

$$U = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} \exp(-M^2 T_v) \quad (2.24)$$

El flujo hacia los drenajes de mecha es predominantemente radial. Suponiendo que no haya alteraciones del suelo durante la instalación, el tiempo para la consolidación del suelo para una capacidad de descarga vertical finita.

$$t = \frac{D_w^2}{8C_h} \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{d_w}{D_w}\right)^2} \ln \frac{D_w}{d_w} - 0.75 + 0.25 \left(\frac{d_w}{D_w}\right)^2 + z\pi(2L - z) \frac{k}{q_w} \right] \ln \frac{1}{1 - U} \quad (2.25)$$

Donde t es el tiempo (s) requerido para lograr la consolidación deseada, D_w es el diámetro (m) de la zona de influencia, C_h es el coeficiente de consolidación para el flujo horizontal (m^2 / s), d_w (m) $= 2(h+b)/\pi$ es el diámetro de drenaje equivalente, b (m) es el ancho

y h (m) es el espesor del drenaje, z (m) es la distancia al punto de flujo, L (m) es la longitud efectiva del drenaje (longitud total del drenaje cuando el drenaje ocurre en una solo en el extremo, la mitad de la longitud cuando el drenaje se produce en ambos extremos), k (m / s) es la conductividad hidráulica del suelo (por lo general, se usa el valor k radial o equivalente), q_w (m³ / s) es la capacidad de descarga de la mecha drenan con un gradiente de 1, y U es el grado medio de consolidación. Para una disposición cuadrada de desagües, el espaciado, s , es aproximadamente $0.88D_w$, mientras que, para una disposición triangular, $s = 0.95D_w$. El factor de tiempo para la consolidación en la dirección vertical viene dado por la ecuación (2.26):

$$T_v = \frac{c_v t}{H_{dr}^2} \quad (2.26)$$

Mientras que el factor de tiempo para la consolidación en la dirección radial (T_r) es:

$$T_r = \frac{c_h t}{4R^2} \quad (2.27)$$

El espaciado de los drenajes de mecha es el parámetro de diseño principal para una cantidad deseada de asentamiento en un período de tiempo deseado. El otro parámetro de diseño es la altura de sobrecarga. En general, variando el espaciado y altura de sobrecarga, el diseñador puede obtener la combinación más económica de espaciado de mecha, tiempo de consolidación y altura de recargo para un proyecto.

2.3.7 Criterio de falla de coulomb. Budhu, B. (2011).

Los suelos están dotados por planos de deslizamiento, Cada contacto de una partícula de suelo con otro es un potencial plano de micro deslizamiento. Las cargas pueden causar varios de estos planos de micro deslizamiento para alinear en la dirección de menor resistencia. Por lo tanto, podemos especular que un posible

modo de falla del suelo es resbalón en un plano de menor resistencia. Recuerde de sus cursos de estática o física ese resbalón inminente

entre dos cuerpos rígidos fue la base de la ley de fricción de Coulomb. (Figura 7.(a)).

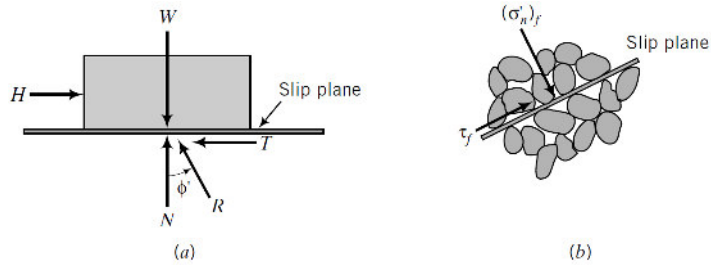


Figura 7. **(a) esquema de un deslizamiento de madera. (b) Un plano de deslizamiento con masa de suelo.**

Fuente. Budhu, B. (2011).

La fuerza inicial en el plano será suficiente para un movimiento, según la ley de fricción de Coulomb, es:

$$H = \mu W \quad (2.28)$$

Donde: μ : coeficiente de fricción, W : peso del bloque.

$$\phi' = \tan^{-1} \mu$$

según la ley de Coulomb, el plano se encuentra en el suelo. Considerado términos de esfuerzos o tensiones, y es denota por la formula siguiente:

$$\tau_f = (\sigma'_n)_f \tan \phi' \quad (2.29)$$

Donde:

$$\tau_f = T / A,$$

T : fuerza cortante durante el deslizamiento

A : área del plano paralelo,

T : esfuerzo cortante al arranque

σ'_n : esfuerzo efectivo normal

f : subíndice.

Según los gráficos siguientes se representan los discos en arena suelta y densa, según la figura 8.

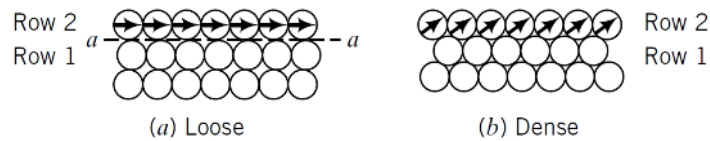


Figura 8. **Embalaje de discos que representan arena suelta y densa**
Fuente. Budhu, B. (2011).

La ley de fricción, se analiza con la base de la estática, considerando los esquemas anteriores y las analogías de los bloques inclinados respecto al plano horizontal, según la siguiente fórmula,

$$\frac{\tau_f}{(\sigma'_n)_f} = \frac{H}{W} = \tan\phi' \quad (2.30)$$

Considere las figuras siguientes de las partículas, y denotando el diagrama de cuerpo libre sobre las mismas, se puede visualizar la siguiente figura 9. Para los diagramas de un conjunto respecto al plano horizontal y el ángulo correspondiente a la horizontal (Figura 9.b).

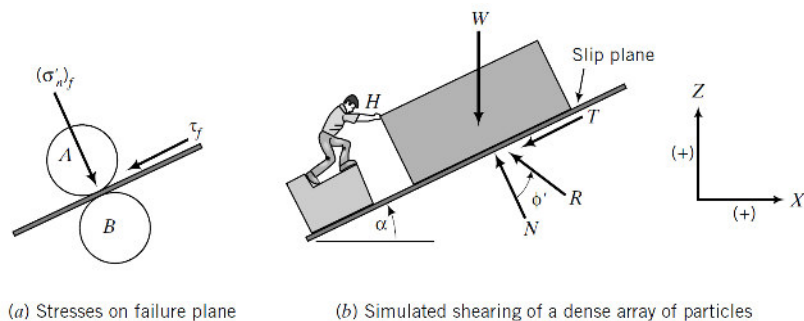


Figura 9. **Simulación de fallas en arena densa**
Fuente. Budhu, B. (2011).

Según el diagrama se tiene que: $T = \mu N$

Donde:

N: fuerza normal. Según los análisis de las coordenadas y las fuerzas de estáticas tenemos:

$$\frac{H}{W} = \frac{\mu + \tan\alpha}{1 - \mu \tan\alpha} = \frac{\tan\phi' + \tan\alpha}{1 - \tan\phi' \tan\alpha} \quad (2.31)$$

Según la característica de los suelos, las partículas son aleatoriamente distribuidos y a menudo irregulares. En la figura 10. Se esquematiza los efectos de dilatación y forma de envolvente de falla.

El cizallamiento se analiza según la siguiente ecuación (2.32) es entonces:

$$\tau_f = (\sigma'_n)_f \frac{\tan\phi' + \tan\alpha}{1 - \tan\phi' \tan\alpha} = (\sigma'_n)_f \tan(\phi' + \alpha) \quad (2.32)$$

En la figura 11. Presenta de esfuerzos de Mohr y el ángulo de dilatación.

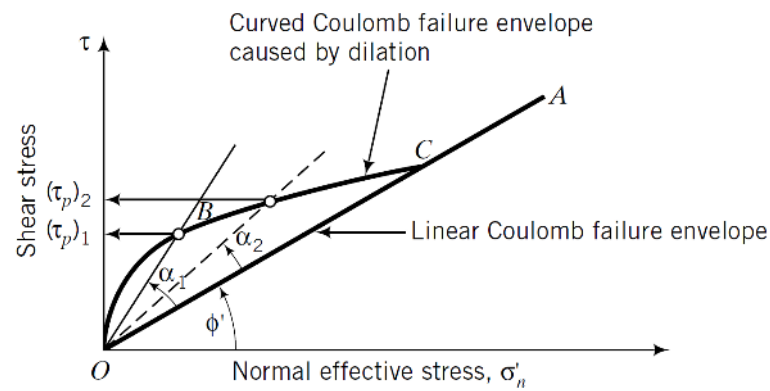


Figura 10. **Efectos de la dilatación en Coulomb envolvente de falla.**
Fuente. Budhu, B. (2011).

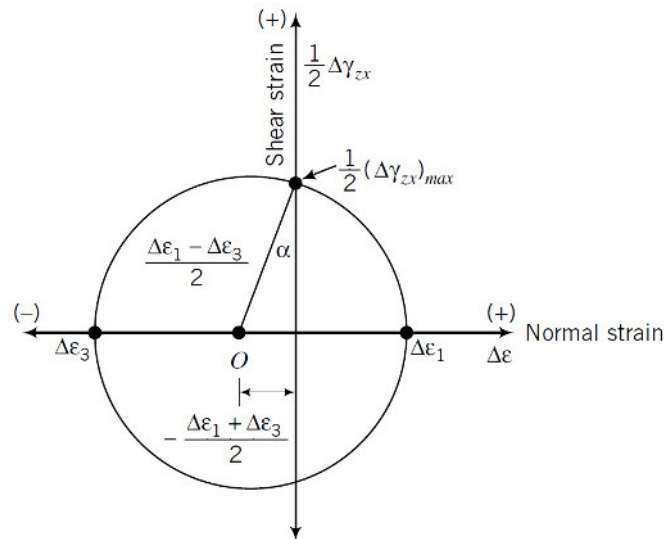


Figura 11. **El círculo de tensión de Mohr y ángulo de dilatación.**
Fuente. Budhu, B. (2011).

2.3.8 Métodos determinísticos

Van Westen (1993). Estos métodos se basan en modelos exactamente numéricos, sirve para la estabilidad de taludes en laderas, podría ser de concreto, se tiene una confiabilidad buena en el uso de la ingeniería dependiendo de los datos a utilizar. Su desventaja será para usos de zonas rápidas y en caso presente zonas extensas.

Toro, (2012). Determina que debe definirse el factor de seguridad (F:S) en base de la inestabilidad. A base un cálculo determinístico, los modelos basados en modelos, son obtenidos en base a la caracterización geotécnica, cargas exclusivamente estáticas, la geometría de los taludes, niveles de fluidificación de aguas, etc.

a) Ángulo de fricción

Badillo, (2005). Fundamenta al ángulo de fricción como la representación matemática de un coeficiente relacionado al rozamiento, relacionado a base de la densidad, forma, distribución de granos del suelo.

b) Cohesión

Badillo (2005). Describe que, viene a ser la cementación como adherencia entre las partículas que es analizada de la caracterización geotécnica de un suelo, que vendría a ser la cortante como resistencia sometida en base a la cementación.

No existe adherencia exclusivamente en materiales granulares, $c=0$, en la ingeniería lo llaman suelos no cohesivos.

2.3.9 Principales métodos del equilibrio limite

a) Método de Bishop

Bishop (1955). Se basa en la utilización de Dovelas, y a la vez se analiza los esfuerzos y el equilibrio en dicho cuerpo.

Este meto utiliza el análisis complejo, por ello resume el uso del análisis de un sistema simplificada como se muestran las siguientes expresiones:

$$FS = \frac{\sum [C' b + (W - ub) \frac{\tan \phi}{ma}]}{\sum W \sin \alpha} \quad (2.33)$$

Donde:

$$ma = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \right) \quad (2.34)$$

- b : la base de la dovela
- W : peso de cada una de las dovelas
- C', ϕ : parámetros obtenidos de resistencia de un tipo suelo
- u : presión de poros, (cada una de las dovelas= $\gamma_w \cdot H_w$)
- α : ángulo de radio (de cada dovela).

b) Método de Janbú

Este método de suposición de dovelas las fuerzas en ellas no toman en cuenta las fuerzas cortantes. Pero indica que las superficies de análisis de las fallas no son circulares necesariamente.

Suarez J. (2002). Considera que el método de Janbú satisface el equilibrio de las fuerzas y/o esfuerzos, sin satisfacer los equilibrios de momentos, entonces la ecuación modificada es:

$$FS = \frac{f_0 \sum \left\{ [c' b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha m a} \right\}}{\sum W \tan \alpha} \quad (2.35)$$

Donde:

F_0 : esfuerzo sujeto a la curvatura de la falla

$$m a = \cos \alpha * \left(1 + \frac{\tan \alpha * \tan \phi}{FS} \right)$$

c) Método de Spencer

Spencer (1967). Menciona que el método es satisfactorio para el equilibrio de momentos y las fuerzas. Así mismo indica que la superposición de las fuerzas para la entre sí, poseyendo el ángulo respecto a la inclinación. El método inicial fue solamente para superficies circulares sin embargo el método se extiende para superficies no circulares.

d) Método ordinario o de Fellenius

Este método es también llamado Sueco ó método de las dovelas, desarrolla sobre superficies exactas de fallas de forma circulares, las cuales se dividen en tajadas de forma vertical. El desarrollo de la obtención de las fuerzas, se desarrolla el equilibrio de las sumatorias de cada tajada para obtener el F.S.

Suarez J. (2002), describe que las fuerzas de presión de tierras y las dovelas, no considerada por Fellenius, pero si consideradas en otros métodos de análisis.

$$FS = \frac{\sum [c' b \sec\alpha + (W \cos\alpha - u b \sec\alpha) \tan\phi]}{\sum W \sin\alpha} \quad (2.36)$$

α : el ángulo de radio, círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

W : peso totalizado en cada tajada.

u : presión de los poros = $\gamma_w H_w$

b : base o ancho de tajada.

C', ϕ : cohesión y ángulo de fricción.

2.3.10 Factores que influyen en la inestabilidad de taludes

a) El estado de meteorización

Castañón Garay, (2011). describe que lo más crítico y vulnerable vendría a ser la erosión del agua que podría variar la geometría, así mismo variarían los esfuerzos internos para el análisis, por tanto podría cambiar su estado final con respecto al inicial del talud.

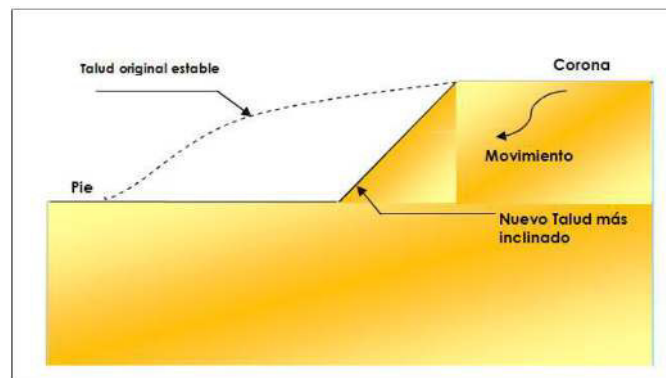


Figura 12. **Cálculo del Factor de Erosión de la lluvia en las estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la cuenca de Papaloapan.**
Fuente. Castañón Garay Paola.2011. Pag.125.

b) Erosión

Budhu B., (2011). Definitivamente el agua y el viento son los medios que erosionan continuamente los taludes, modificándose las características geométricas y por ende cambiando sus esfuerzos a que está resistiendo internamente, finalmente los taludes cambiaran su forma y comportamiento con el tiempo.

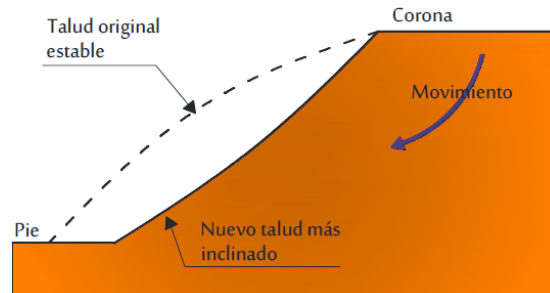


Figura 13. **Variación de la geometría del talud debido a la erosión**

Fuente. (Budhu B., 2011).

c) Características geológicas

En la ingeniería geotécnica se le denomina fallas geológicas que son producidas en los taludes a la determinación de un diagnóstico exhaustivo en campo encontrándose pendiente la determinación de F.S. que es la característica fundamental que determina el comportamiento de talud, ver la figura 14.

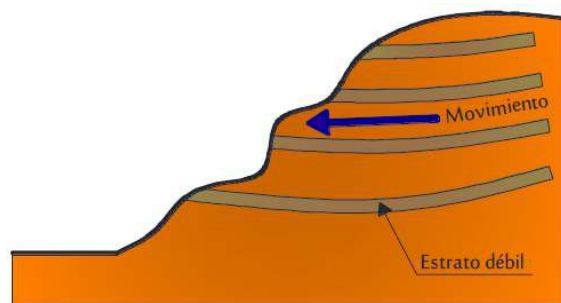


Figura 14. **Las características geológicas que determinarían la falla estructural de un talud**

Fuente. (Budhu, 2011)

d) Sismicidad

Castañón Garay (2011).

El talud estando en servicio actúa en soportar a las cargas estáticas, y estas se incrementan ante la presencia de las cargas sísmicas, produciéndose fuerzas de tipo cortante, e internamente podría ocurrir el fenómeno de licuación de suelos granulares propias de su rección respecto cuando existe aumento de presión de poros.

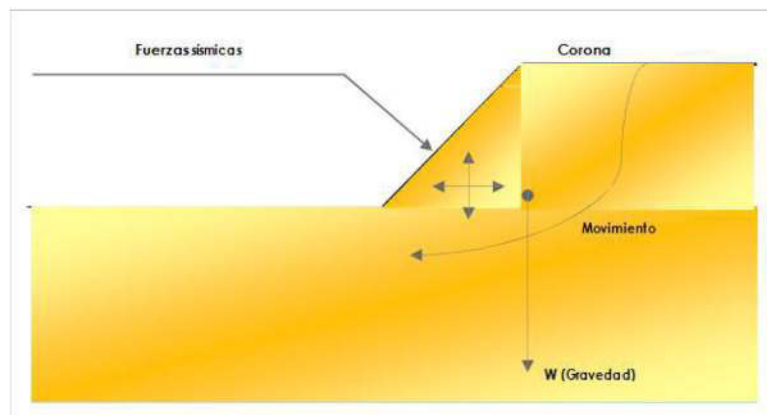


Figura 15. **Fuerzas de gravedad y fuerzas por sismos**
Fuente. Castañón Garay Paola. (2011).

e) El Clima y la hidrología

Suarez J. (2013). Describe el cambio que ocurre con el tiempo de los taludes en cuanto a su desplazamiento debido a las lluvias, y si no ocurre dichas temporadas, ocurrirá después cuando este en temporada seca o estiaje. Menciona además que el fenómeno de reptación puede convertirse en deslizamientos con el pasar de las temporadas.

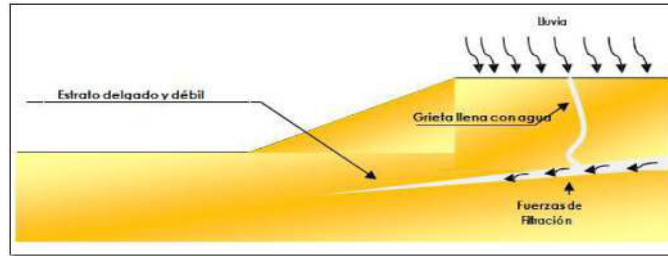


Figura 16. **Talud sometido a lluvia**
 Fuente. Castañon Garay Paola. (2011). Pag.126.

f) Cargas extremas

Con la presencia de las sobrecargas en la cima de un talud, se tiene aumento de esfuerzos internos, por tanto deben ser considerados para el análisis del comportamiento estructural del talud, figura 17.

Una de las soluciones es realizar bermas de cortes a lo largo de la inclinación del talud, de esta forma reducirían los esfuerzos que actúan en la parte interna del talud.

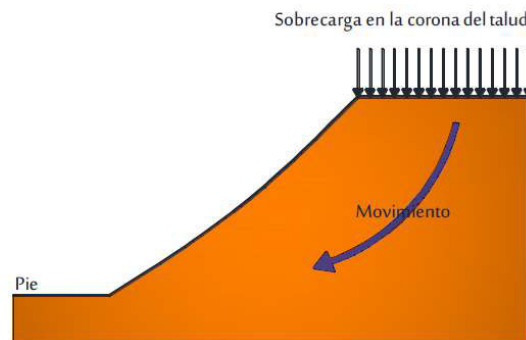


Figura 17. **Sobrecarga en la corona del talud**
 Fuente. (Budhu, 2011)

g) Excavaciones y/o rellenos

Es conocido la realización de trabajos al pie de taludes en obras viales mayormente así como sobre excavar y rellenar. Las excavaciones al pie de talud podrían generar desestabilización del talud disminuyendo los esfuerzos internos del talud, disminuye la fuerza cortante del suelo, por ende ocurre el incremento de forma negativa en las presiones de poros de la estructuración del talud, ver la siguiente figura 18.



Figura 18. **Excavación al pie del talud**

Fuente. (Budhu, 2011)

h) Condición de presión de poro y vaciado rápido

Las fuerzas producidas en terraplén o embalse podrían reducir las fuerzas laterales debido a la fuerza debido al aumento de nivel de agua, indica que se observa que la presión de poros tendría la dificultad de disiparse, ve la siguiente figura 19.

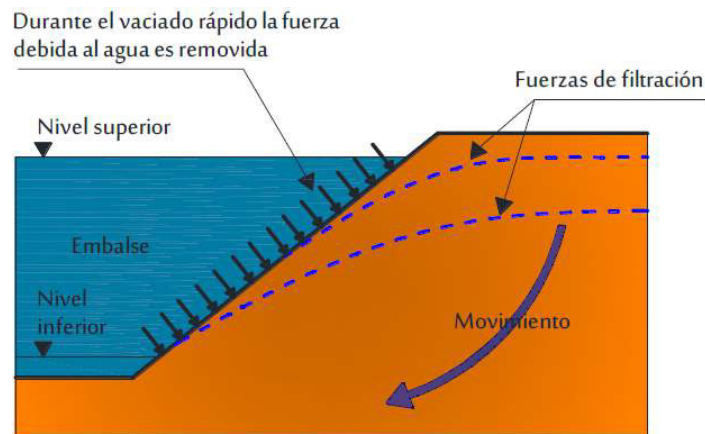


Figura 19. **Vaciado rápido**

Fuente. (Budhu, 2011)

Puede colapsar el talud en análisis con la baja del nivel de agua, ocurriendo las fallas de esfuerzos internos en condiciones de resistencia de cortante de material no drenado. , ver la siguiente figura 20.

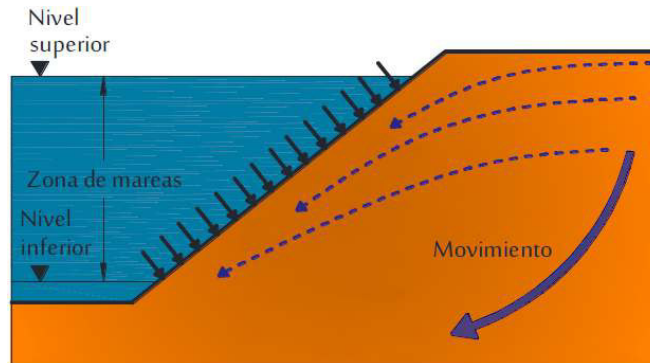


Figura 20. **Fuerzas de filtración generadas por el cambio de nivel en el embalse**

Fuente. (Budhu, 2011)

2.3.11 Medidas de estabilización de talud.

Gonzales L. (2002). Menciona que debe adoptarse diferentes medidas de estabilización para taludes que hayan sufrido colapso, y tomara algunas medidas necesarias como se describen a continuación:

- La caracterización y el comportamiento geomecánica del terreno a analizar.
- Los mecanismos y las tipologías de roturas, incluye el análisis de la velocidad, dirección del movimiento y la geometría de rotura.

Menciona también que los factores geológicos hidrogeológicos y de otros tipos influyen en la estabilidad del talud. Recomienda que debe tomarse en cuenta:

- Los medios económicos y materiales disponibles.
- La urgencia de intervención.
- La magnitud y dimensiones de la estabilidad,
- Considera que el aumento del coeficiente de seguridad, que se consigue disminuyendo las fuerzas desestabilizadoras, como se puede observar en la siguiente figura 21.

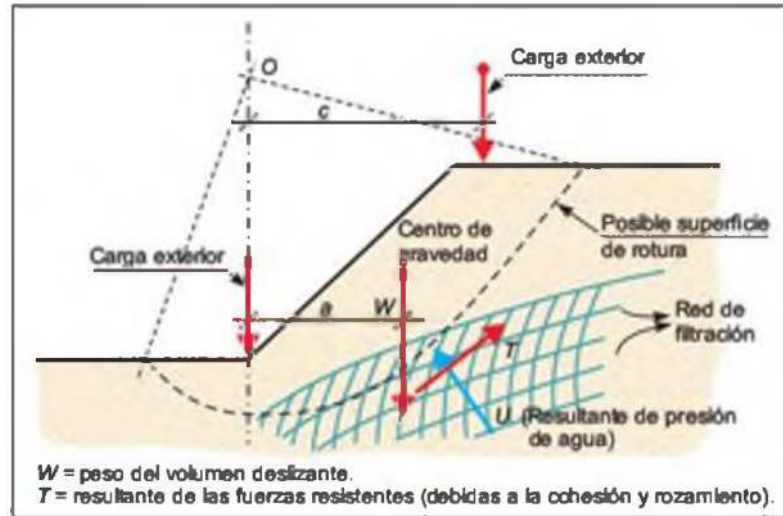


Figura 21. **Esquema de fuerzas actuantes en el problema de estabilidad de un talud (otoe, 1995).**

Fuente. Gonzales L. (2002).

2.3.12 Métodos de estabilización:

Gonzales L. (2002). Según la configuración de los taludes se va poder disminuir los pesos de los materiales, para tener una nueva configuración (ver figura 22).

- Recomienda disminuir la inclinación del talud.
- Además menciona eliminar el peso de la cabecera del talud (en descabezamiento).
- Recomienda el Incremento del peso al pie del talud (mediante muros).
- Construir cortes de bancos ó bermas (escalón de talud)

Recomienda que el material al pie de talud se drenante, o se puede construir un sistema de drenaje adecuado, la misma que se puede combinar con excavación en cabeceras. Se puede colocar un muro con el nivel de desplante adecuado, ver la figura 22.

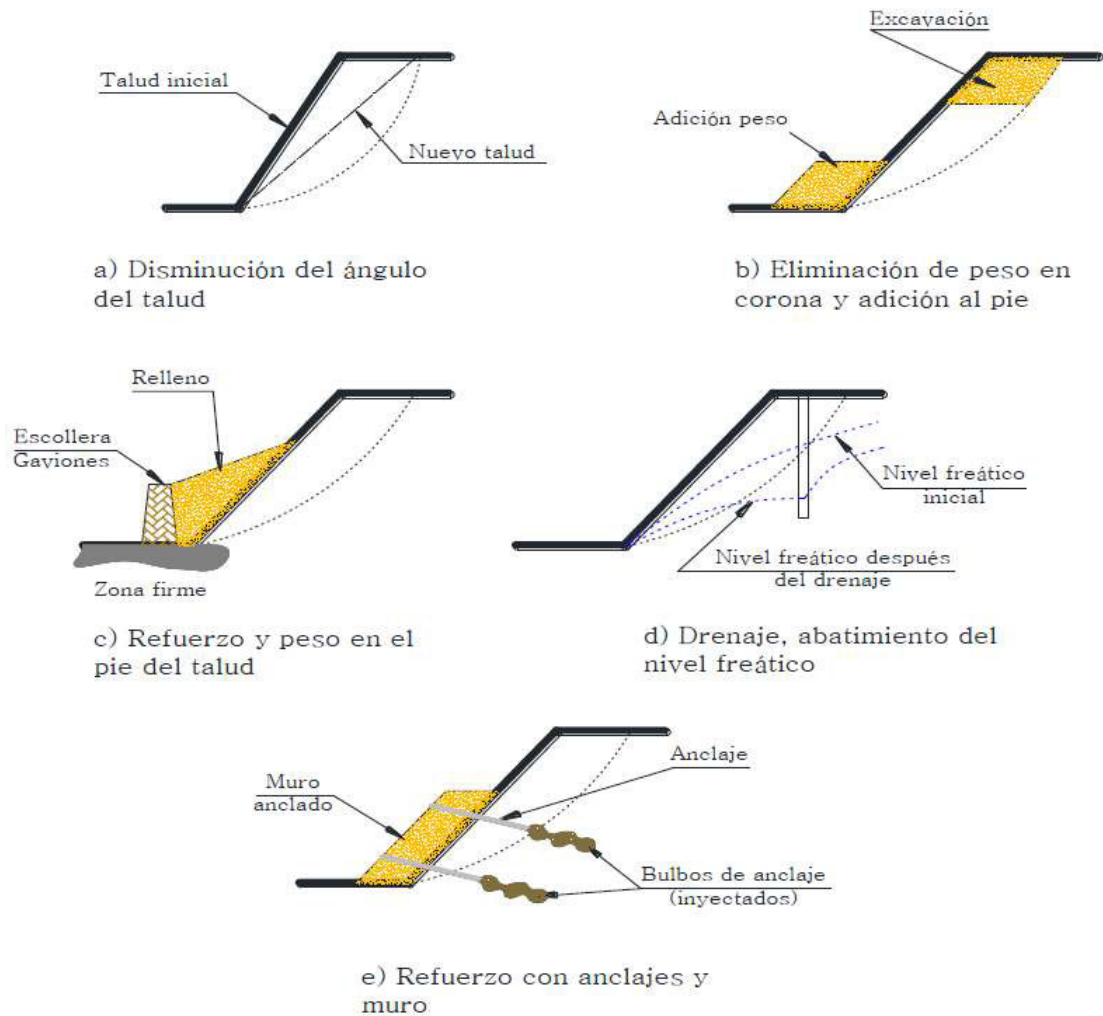


Figura 22. **Métodos para aumentar el coeficiente de seguridad de taludes en suelos**

Fuente. Gonzales L. (2002).

2.3.13 Fallas relacionadas a la estabilidad de taludes.

a) Modos de volcamiento

Suarez D. (1998). Los volcamientos conocidos son de tres tipos: Volcamiento a flexión, Volcamiento en V invertida, Flexión en bloque. Para ello ver la figura. 23.

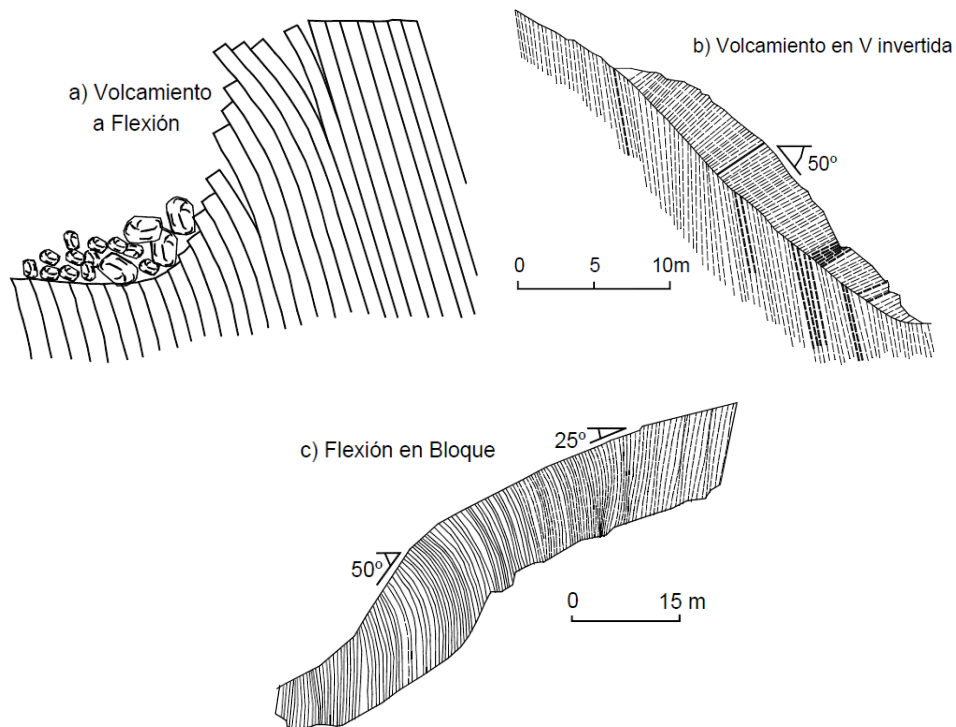


Figura 23. **Modos complejos de volcamiento.**
Fuente. Suarez D. (1998).

b) Reptación (“Creep”)

Suarez D. (1998). Menciona que las fallas del tipo reptación ocasionan fallas de lentos hasta muy lentos, por ende causan daños en la cima de los taludes. Ver figura 24.

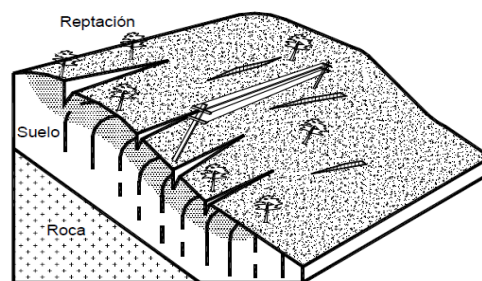


Figura 24. **Esquema de un proceso de reptación.**
Fuente. Suarez D. (1998).

c) Deslizamiento de traslación

Suarez D. (1998). Menciona que debido a la existencia de deslizamiento en superficies planas o onduladas de forma ondulada, sosteniendo muy baja rotación, ver la figura 25.

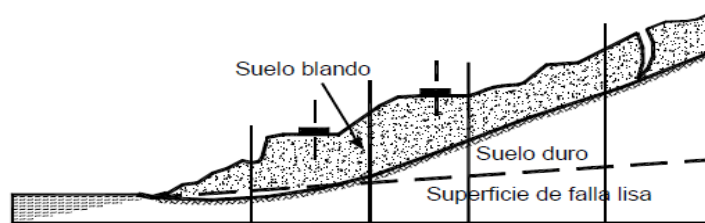
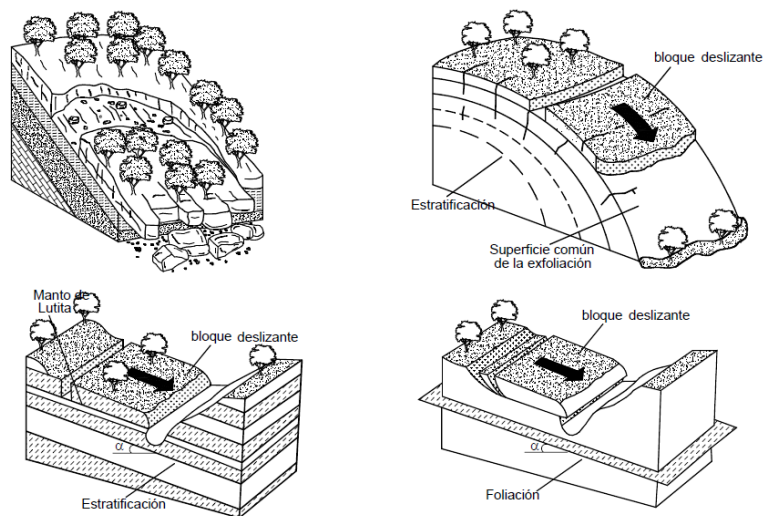


Figura 25. **Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana - Ensenada (México).**

El control natural cuando ocurre los deslizamientos se dan cuando ocurren las fallas produciéndose rupturas, juntas, fracturas niveles de estratificación, foliaciones, "slickensides" estas por el contacto de las rocas en la parte interna u otros tipos de estratos, ver la figura 26.



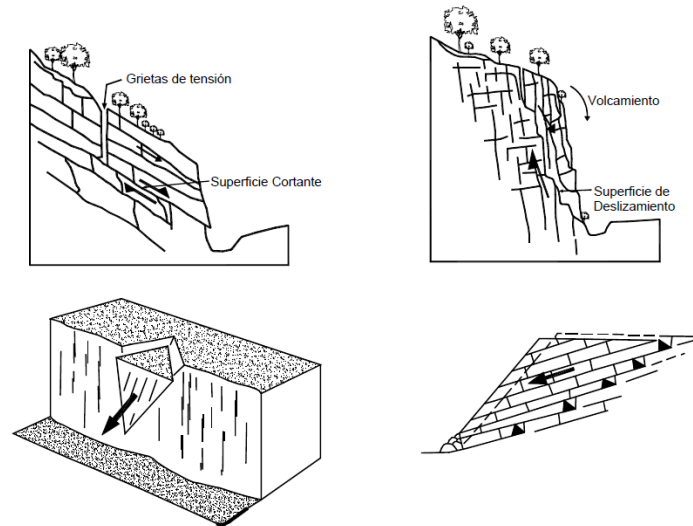
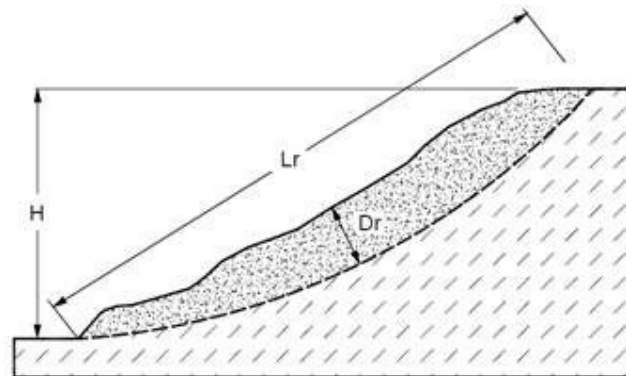


Figura 26. **Ejemplos de deslizamientos de traslación.**

Fuente. Suarez D. (1998).

d) Deslizamientos compuestos de traslación y rotación

Abramson (2002). Menciona que podría ocurrir movimientos de traslación y rotación interna producto de los deslizamientos en general. Para los tipo de movimientos de rotación con la relación $D/L < 0.15$, y los movimientos de traslación la relación $D/L < 0.10$, ver la figura 27.



Deslizamiento Rotacional $0.15 < Dr/Lr < 0.33$

Deslizamiento Traslacional $Dr/Lr < 0.10$

Figura 27. **Relaciones D/L para deslizamientos de traslación y rotación (Abramson y otros, 2002).**

e) HUNDIMIENTOS

Los hundimientos debido a la deformación geológica (“Sagging”), mas conocidos en la nomenclatura internacional como “sagging” (Hutchinson, 1988). Ver la figura 28.

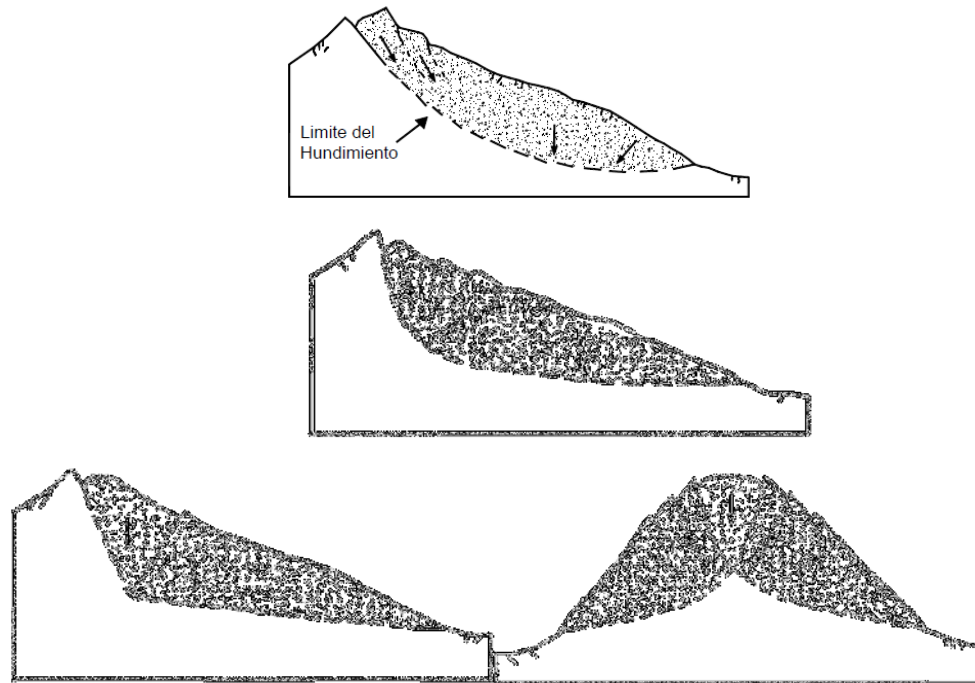
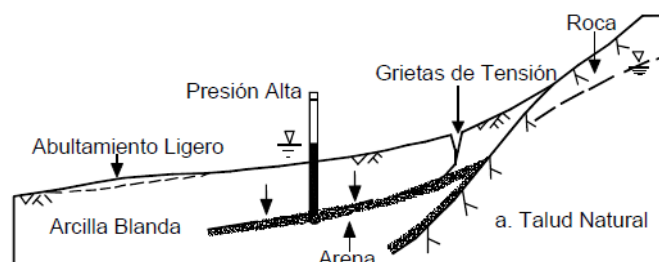


Figura 28. Tipos de “sagging” o hundimientos por deformación geológica.

En la figura 29, se demuestra los tipos de comportamiento de los taludes en cuanto a hundimientos y deslizamientos, produciéndose reajustes internos y deformaciones del material que está compuesto el talud (Hutchinson, 1988), como se puede observar en la figura 29.



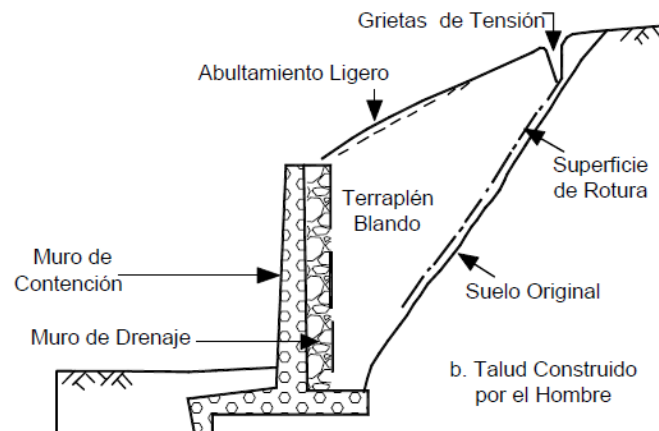


Figura 29. **Hundimientos confinados. (Hutchinson, 1988)**

f) **Caracterización de los movimientos**

Es importante las características que muestra el material tales como actividad, velocidad, forma, y el tipo de material (Bajracharya, 2006).

Estado de Actividad

Se puede clasificar las actividades de deslizamiento según las secuencias de graficas que se presenta en la figura 30.

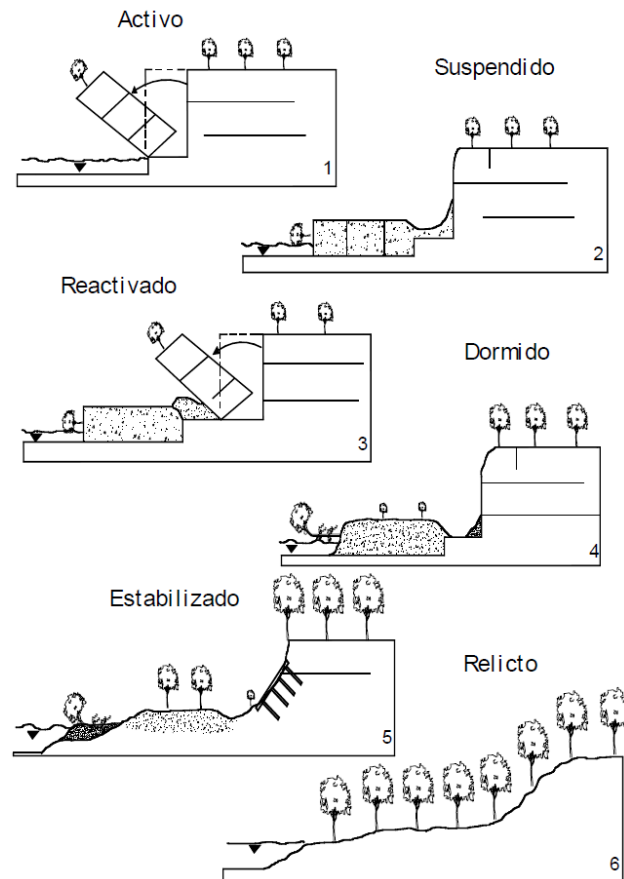


Figura 30. **Clasificación de los movimientos del terreno de acuerdo con su estado de actividad. (Bajracharya, 2006).**

g) Velocidad del movimiento

Research Boarb, de los estados unidos propone el análisis de la velocidad des de escalas según la figura 31.

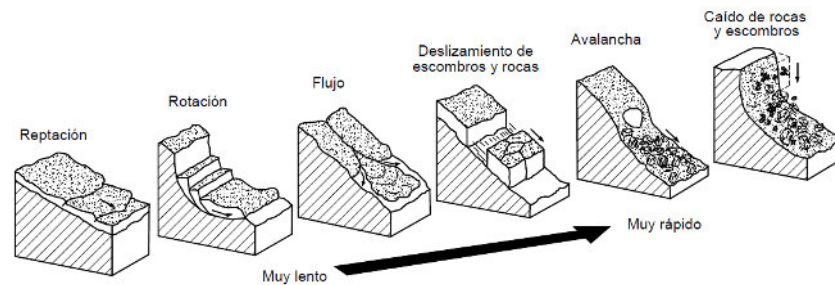


Figura 31. **Velocidad de acuerdo al tipo de movimiento. (Research Boarb)**

2.4 Marcos Conceptuales

Caracterización geotécnica. – Propiedades físicas, mecánicas, hídricas del suelo; que son determinadas en un laboratorio Geotécnico previa exploración de calicatas in situ del tramo en investigación.

Talud. – Es el corte existente del tramo vial a investigar, que fue realizada en el proyecto de la ejecución de la carretera Casma-Huaraz.

Factor de seguridad. – Define calidad de la estabilidad del corte existente del tramo vial a investigar, por otra parte, se podrá obtener los valores con los métodos de estabilización de talud y finalmente permita comparar el desempeño en otras condiciones, así como experimentales (maqueta).

Estabilidad. - Depende de la caracterización geotécnica y geológica del tramo vial a investigar, la geometría del corte de talud existente es determinante para su estabilidad, así como la constatación teórica a investigar.

Modelo de estabilización de talud. – Es el modelo en maqueta, definido según la geometría del talud existente del tramo vial a investigar.

Maqueta de talud. - Objeto que sirve para determinar el factor de la estabilización de talud, que es construido con el mismo material del talud vial existente a investigar.

Escala reducida. – Es la medida de la geometría que representa al talud vial (existente) en investigación en medidas dominables en laboratorio.

Probeta. – Es el molde prefabricado para la investigación, con soporte de marcos de acero de alta resistencia, y forrada lateralmente con vidrios templados.

CAPITULO 3: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis General

Con el Análisis minucioso de la Caracterización Geotécnica de los resultados obtenidos en laboratorio se podrá determinar el modelo de estabilización de talud a escala reducida, del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi, en el Distrito Independencia de la Provincia de Huaraz del Departamento de Ancash, Perú-2021.

3.1.1 Hipótesis Específicas

- a) Una adecuada determinación de la caracterización geotécnica permitirá obtener resultados reales, del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.
- b) Con el análisis minucioso del comportamiento del talud actual del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi, se podrá obtener el factor de seguridad real y por ende permitirá predecir el nivel de colapso, según la caracterización geotécnica de los resultados obtenidos en laboratorio.
- c) Con la verificación de un modelo de estabilización de talud a escala reducida, se podrá obtener un nuevo factor de seguridad según la caracterización geotécnica obtenida con datos del laboratorio del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.
- d) Obteniendo los factores de seguridad según análisis de estabilidad del talud existente versus el modelo de estabilización a escala real se podrá determinar la relación del factor de seguridad del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.

3.2 Identificación de Variables

3.2.1 Variable independiente.

Caracterización geotécnica. - esta variable consistirá en los resultados obtenidos del muestreo previa exploración en campo, resultados procesados mediante métodos geotécnicos, para determinar las propiedades físicas, del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.

3.2.2 Variable dependiente.

Modelo de estabilización de talud. – esta variable consistirá en la idealización de una maqueta a escala reducida que nos permitirá determinar la relación del grado de colapso.

3.2.3 Indicadores.

Respecto a la variable independiente se tiene los siguientes indicadores:

- a.** Propiedades físicas del suelo y rocas. - estas propiedades se obtendrán en laboratorio mediante las pruebas estándar (definidos y descritos en el plan operativo de la investigación) así como el análisis granulométrico sirve para determinar la gradación de los suelos, el límite líquido y el índice de plasticidad son importantes para determinar la clasificación según SUC y/o AASHTO, que permitirán determinar la clasificación de las cantidades de arena, arcilla, y limo.
- b.** Propiedades mecánicas del suelo. – una vez habiendo sido seleccionadas mediante métodos estándares en laboratorio sus propiedades estarán relacionados con las propiedades físicas, sin embargo, esta propiedad determina la forma, el tamaño.
- c.** Propiedades hídricas del suelo. - el suelo es uno de los materiales que puede retener el agua, y a la vez ser drenante, según la clasificación de suelos podemos definir si se trata de un material drenante o expansivo (retiene de agua).

Respecto a la variable dependiente se tiene los siguientes indicadores:

- a) Altura de taludes. – esta es la superficie inclinada respecto a la horizontal, geometría que define la estabilidad de un talud.
- b) Longitud de talud. – esta queda definida por la longitud del tramo en estudio del barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.
- c) Características según los resultados obtenidos en laboratorio. – específicamente son las caracterizaciones del talud tales como: peso específico, cohesión, ángulo de fricción interna del suelo.
- d) Ensayo de la maqueta. – maqueta que será ensayada en laboratorio, previamente construida a escala reducida, con caracterización geotécnica del suelo extraído in situ, que servirá para realizar las comparaciones del factor de seguridad luego del ensayo bajo las condiciones de lluvia en la zona.

3.3 Operacionalización de variables

Se desarrolla las especificaciones de la operacionalización de variables en el cuadro 4.

3.4 Matriz de Consistencia

Se desarrolla las columnas de la matriz de consistencia tanto los aspectos generales y específicos en el cuadro 5.

CAPITULO 4: METODOLOGÍA

Con la importancia del análisis del planteamiento del problema, sus antecedentes de la presente investigación y analizado el marco teórico conceptual y especializada en la base científica de los conceptos y el estado del arte hasta la actualidad; en la investigación planteamos el tipo de investigación a seguir según las teorías estudiadas, los cuales nos ayuda a enmarcarnos al nivel de estudio que se quiere llevar, basándose específicamente en la metodología aplicada y las herramientas que permitirán la ejecución de la investigación.

4.1 Tipo y Diseño de Investigación

4.1.1 Tipo de Investigación

➤ **De acuerdo al fin que persigue: Aplicada.**

Debido a que en la presente investigación es aplicada porque fue necesario partir de los conocimientos del estado del arte que se han desarrollado hasta la actualidad a nivel nacional e internacional.

➤ **De acuerdo al diseño de investigación: Descriptiva.**

En la presente investigación consideramos en el primer eje de finalidad descriptiva debido a que los datos que se utilizarán serán con la finalidad puramente descriptivos no enfocado en la presunta relación causa efecto. Así como describir la caracterización geotécnica del tramo crítico escogido para la investigación, la cual nos aportó el inicio para nuestra investigación.

Por otro lado desarrollaremos estudios experimentales en laboratorio con el desarrollo de los ensayos estándar (contenido de humedad, análisis granulométrico, índices de plasticidad, pesos específicos) y especiales (corte directo para determinar el ángulo

de fricción interna del material y la cohesión), de esta forma obtendremos las caracterizaciones geotécnicas de los taludes del tramo crítico a intervenir.

Así mismo la obtención de los resultados será en dos momentos en el tiempo, así se haya recopilado la información de forma simultánea, por ejemplo: debido a que se plantea desarrollar la relación del factor de seguridad del talud existente in situ versus el factor de estabilidad del talud ensayada a escala reducida luego de desarrollar la caracterización geotécnica.

4.1.2 Diseño de Investigación

➤ **El diseño de la investigación es experimental.**

Según el planteamiento de la presenta investigación, se ensayará un talud a escala reducida, por ende, se simulará un talud real con las demás consideraciones que presente el tramo crítico, por tanto, es considerado una investigación experimental.

Así mismo, durante el desarrollo experimental se controlará el ensayo de forma aleatoria o la aplicación de un tramo de talud que vendría a ser lo más crítico y adaptable al experimento a escala reducida, manteniéndose la geometría del talud existente. Se observará los resultados para comprobar los cambios en cuanto a la relación del factor de seguridad obtenida en los casos estudiados (in situ y la maqueta a escala reducida).

Finalmente, se manipulará la variable independiente que vendría a ser una de las características geotécnicas del talud del tramo crítico.

4.2 Unidad de Análisis

La determinación de la unidad de análisis es específicamente parte del conjunto de la población en estudio, que será estudiada y se encuentra

enmarcada en la muestra, la cual permite cumplir los objetivos de la investigación y la contrastación de la hipótesis.

Para la investigación tenemos la unidad de análisis específicamente a la estabilización de Talud ubicada en el Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.

4.3 Población de estudio

Según Armau (1980), citado por Hurtado (2000), población es un conjunto de elementos, seres o eventos, concordantes entre sí en cuanto a una serie de características similares, de los cuales se desea obtener alguna información.

Para la presente, la población es considerada la Infraestructura Vial (Específicamente según las obras relacionadas de estabilización de taludes) de la pista asfaltada del tramo Casma -Huaraz (Km.0+000 - 0+ 292), del Departamento de Ancash.

4.4 Tamaño de muestra

Tamayo (2000) amplía el concepto de muestra, indicando que es una parte representativa de todo, la cual se utiliza para describir las principales características de aquel.

El tamaño de muestra se basa en una muestra espontánea que trata exclusivamente en la selección de un tramo específico de gran importancia de la infraestructura vial del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), del departamento de Ancash, por ser el más conveniente para el propósito de la investigación, y por ende por presentar y tener accesibilidad a la información del tramo en investigación.

4.5 Selección de Muestra

Martínez (1996), citado por Hurtado (2000), indica dos tipos de técnica de muestreo: la probabilística que es aquella donde se puede determinar de antemano la probabilidad que tiene cada uno de los

elementos que integran la población de ser seleccionado como integrante de la muestra; y la no probabilística que es aquella donde se desconoce la probabilidad que tiene cada elemento de la población de formar parte de nuestra muestra.

Para la investigación la selección de la muestra de la investigación se empleó el método no probabilístico (no aleatoria), por ende considerado muestreo por conveniencia del tramo Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292).

4.6 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas utilizadas para la investigación consideradas a las fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias para contrastar los análisis y cálculos que permitan el desarrollo de los resultados, Los datos a recolectar serán a través de los siguientes instrumentos.

- Fichas del tipo hemerográficas.
- Las fichas para la recolección de información del Internet.
- Fichas técnicas del tipo audiovisuales, se recopiló información vía online, correspondiente a videos de estabilización de taludes, mediante el uso de los softwares Slide V.6.0, y similares.
- Las fichas de resúmenes, específicamente para el uso de recolección del estado del arte.
- Fichas Técnica, para recolectar de los datos de dimensionamientos de estructuras del tipo de talud considerado del tramo en estudio, del tramo considerado para la presente investigación, las que se listan a continuación, y por ende se adjuntan los desarrollos en los anexos:
 - **Anexo A.** Fichas técnicas para recolección y análisis de datos de EMS.

Tabla A.1. Sistemas de clasificación unificado de suelos (SUCS)

Tabla A.2. Clasificación de suelos según SUCS

TABLA A.3. Sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

TABLA A.4. Ficha de muestreo de suelo

- **ANEXO B.** Fichas técnica para procedimiento de resultados en laboratorio
- **Tesis sustentadas y aprobadas.** – Se ha encontrado documentos importantes de las principales universidades de nuestro país.

Tesis procedentes de la UNMSM que desarrollan estabilidad de taludes, así mismo de la Universidad Nacional de Ingeniería, también de la pontificia universidad católica del Perú (PUCP). Por otro lado, encontramos información al respecto de universidades extranjeras, así como Colombia, España y entre otras.
- **Ponencias en Memorias de Congreso.** - Se han analizado algunos papers concernientes al tema de estabilización de taludes como se resumen en el marco teórico.
- **Libros.** – los siguientes son documentos más importantes como información primaria:

Muni Budhu, (2010). Soil Mechanics and Foundation,

Jaime Suarez, (1998). Estabilización de taludes,

Braja M. Das, (2013). Fundamentos de Ingeniería geotécnica.

Juárez Badillo (1973). Mecánica de suelos-Tomo I, Fundamentos de la mecánica de suelos.

Cuadro 4. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición real o dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Medición
<p>✓ Variable Independiente: Caracterización geotécnica.</p>	<p>Esta variable consistirá en los resultados obtenidos del muestreo y exploración en campo, mediante métodos geotécnicos, para determinar las propiedades físicas, hídricas del Talud Vial Barrio de los Olivos Tramo: Puente San Gerónimo Puente Raymondi (Km.138+700 – 139+000), distrito Independencia.</p>	<p>Según la bibliografía de Budhu (2011).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductividad Hidráulica (pág. 248) $t = \frac{D_w^2}{8C_h} \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{d_w}{D_w}\right)^2} \ln \frac{D_w}{d_w} - 0.75 + 0.25 \left(\frac{d_w}{D_w}\right)^2 + z\pi(2L - z) \frac{k}{q_w} \right] \ln \frac{1}{1 - U}$ <ul style="list-style-type: none"> • Criterio de falla de Coulomb (pg. 272): $\tau_f = (\sigma'_n)_f \tan(\phi' \pm \alpha)$ • Según la bibliografía de Budhu (2011). • Método de rebanadas (pág. 699), se utilizará el método de bishop's, método Janbu's, • Talud seco en material cohesivo: $f_s = \frac{W \cos \beta \tan \phi_d}{W \sin \beta} = \frac{\tan \phi_d}{\tan \beta}$ • Talud saturado en material cohesivo: $f_s = \frac{\gamma' \tan \phi_d}{\gamma_{sat} \tan \beta}$ • Talud saturado indrenado: $f_s = \frac{c_u}{\gamma_{sat} d \cos \beta \sin \beta}$ • Talud con nivel freático debajo de la superficie del terreno $f_s = \frac{(\gamma_{sat} - m\gamma_w)d \cos^2 \beta \tan \phi' + c'}{\gamma_{sat} d \sin \beta \cos \beta}$ <ul style="list-style-type: none"> • Relación presión intersticial versus esfuerzo total vertical: $r_u = \frac{\gamma_w}{\gamma_{sat}} m \cos^2 \beta$ • Ábacos del Cálculo: $\frac{f_s}{\tan \phi'} = \left(\frac{c'}{\gamma_{sat} d \tan \phi'} \right) \sec \beta \operatorname{cosec} \beta + \cot \beta - r_u \cot \beta \sec^2 \beta$ • Influencia de Flujo Hidráulico: $f_s = \frac{1 - (\gamma_w \gamma_{sat}') \sec^2 \beta \tan \phi'}{\tan \beta}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Características físicas del suelo. • Características mecánicas del suelo • Características hídricas del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas Hemerográficas. para recopilar artículos de investigación. • Fichas recolección de datos de Internet. - • Fichas de Resumen. - servirá para recolectar antecedentes del estado del arte. 	<p>Quantitativo</p>
<p>Variable Dependiente: Modelo de estabilización de talud</p>	<p>Esta variable consistirá en la idealización de una maqueta a escala reducida que nos permitirá determinar la relación de los factores de talud prediciendo el grado de colapso.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Alturas de taludes • Longitud de talud • Características Internas según resultados obtenidos en laboratorio. • Ensayo de la maqueta. • Relación de factores de estabilidad teórica y comprobada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas Audio Visuales. - obtener procedimientos de estabilización de taludes de Softwares. • Fichas Técnicas. - servirá para la obtención de dimensionamientos de taludes existentes y del modelo de ensayo. 	<p>Quantitativo</p>

Cuadro 5. Matriz de consistencia

TÍTULO: “Caracterización Geotécnica para determinar el modelo de estabilización de talud a escala reducida, Barrio los Olivos, Independencia, Huaraz, Ancash, Peru-2021”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES	Indicadores	Método
<p>Problema General: ¿De qué manera el Análisis de Caracterización Geotécnica influye en la determinación del modelo de estabilización de talud a escala reducida, para obras de infraestructura vial del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.138+700 – 139+000).</p>	<p>Objetivo General: Analizar la Caracterización Geotécnica para determinar el modelo de estabilización de talud a escala reducida, del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.138+700 – 139+000)</p>	<p>J. Suarez (2016), describe la modelación matemática para el análisis de estabilidad de taludes, para definir el comportamiento en distintas circunstancias a que este expuesta el talud. utiliza el análisis de límite de equilibrio, definiendo la superficie de falla, mediante las superficies planas, curvas, y existencia de la tensión de grietas, previamente conociendo la caracterización de material que compone el talud. Budhu (2011), analiza los factores principales que afectan la estabilidad de una ladera o talud, por otro lado, mediante el análisis de la erosión del talud, así mismo analiza el periodo de lluvias que afectaran a los taludes las mismas que provocan aumento de peso de la masa también explica sobre la disminución de esfuerzos en cuanto a la cortante y la erosión de estando expuesta la superficie. De igual</p>	<p>Hipótesis General: El Análisis minucioso de la Caracterización Geotécnica de los resultados obtenidos en laboratorio se podrá determinar el modelo de estabilización de talud a escala reducida, del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.138+700 – 139+000).</p>	<p>Variable Independiente: Caracterización geotécnica. - Esta variable consistirá en los resultados obtenidos del muestreo y exploración en campo, mediante métodos geotécnicos, para determinar las propiedades físicas, hídricas del Talud Vial Barrio de los Olivos Tramo: Puente San Gerónimo Puente Raymondi (Km.138+700 – 139+000), distrito Independencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizaciones físicas del suelo. • caracterizaciones mecánicas del suelo. • caracterizaciones hídricas del suelo 	<p>Experimental</p>
<p>Problemas Específicos: a. ¿En qué medida los ensayos estándares y especiales me permiten realizar un análisis adecuado. b. ¿Qué comportamiento tiene el talud actual del tramo Puente San Gerónimo - ¿Puente Raymondi,</p>	<p>Objetivos Específicos: a. Desarrollar la caracterización geotécnica del del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi. b. Analizar el comportamiento del talud actual del Barrio de los</p>		<p>Hipótesis Específicas: a. Una adecuada determinación de la caracterización geotécnica permitirá obtener resultados reales, del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi. b. Con el análisis minucioso del comportamiento del talud actual del Barrio de los Olivos tramo:</p>	<p>Variable Dependiente: Modelo de estabilización de talud. – Esta variable consistirá en la idealización de una maqueta a escala reducida que nos permitirá determinar la relación de los factores de estabilización de talud prediciendo el grado de colapso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alturas de taludes • Longitud de talud • Características Internas del talud. • Ensayo de la maqueta. • Relación de factores de estabilidad. • Agrietamiento del talud: longitud de grita, espesor de grieta, 	<p>Experimental</p>

<p>habiéndose determinado los resultados de caracterización geotécnica?</p> <p>c. ¿Cuál sería el comportamiento del modelo de talud estabilizado a escala reducida durante el ensayo?</p> <p>d. ¿En qué medida el método de equilibrio límite me permiten obtener la relación del factor de seguridad según la caracterización geotécnica del talud existente versus el modelo de talud estabilizado a escala reducida?</p>	<p>Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi, según la caracterización geotécnica de los resultados obtenidos en laboratorio.</p> <p>c. Desarrollar un modelo de estabilización de talud a escala reducida, con la caracterización geotécnica obtenida del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.</p> <p>d. Determinar la relación del factor de seguridad del talud del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi, versus el factor de seguridad del modelo ensayado a escala reducida.</p>	<p>forma analiza el sismo en cuanto movimientos estáticos y dinámicos provocados en el talud también reducen los esfuerzos cortantes del suelo y debilitan definitivamente el suelo. También desarrolla la caracterización geológica donde hace prevalecer que es posible la falla de taludes debido a que no se identifica claramente el motivo de su comportamiento en la etapa de exploración in situ. Analiza las cargas externas a que estará sujeta sobre la corona del talud la misma que provocará unos esfuerzos extras sobre el volumen total del talud en análisis.</p> <p>Fallas debido a una posible excavación al pie de talud, analiza la condición de la existencia de poros y vaciado rápido específicamente a embalses de represas o similares.</p>	<p>Puente San Gerónimo - Puente Raymondi, se podrá obtener el factor de seguridad real y por ende permitirá predecir el nivel de colapso, según la caracterización geotécnica de los resultados obtenidos en laboratorio.</p> <p>c. Con la verificación de un modelo de estabilización de talud a escala reducida, se podrá obtener un nuevo factor de seguridad según la caracterización geotécnica obtenida en laboratorio del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.</p> <p>d. Obteniendo los factores de seguridad según análisis de estabilidad del talud existente versus el modelo de estabilización a escala real se podrá determinar la relación del factor de seguridad del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.</p>	<p>Variable Interviniente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resultados de caracterización geotécnica - Idealización de una maqueta a escala reducida 	<p>deformación vertical.</p>	
---	--	---	--	---	------------------------------	--

TIPO DE INVESTIGACIÓN	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	UNIDAD DE ANÁLISIS	POBLACION Y MUESTRA	TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	PLAN DE ANALISIS
<p>El estudio se realizará dentro del marco de la investigación experimental, el mismo que consistirá en el Análisis de:</p> <p>Variable Independiente. - Caracterización geotécnica, que consistirá en los resultados obtenidos del muestreo y exploración en campo, mediante métodos geotécnicos, para determinar las propiedades físicas, hídricas</p> <p>Variable Dependiente. - Modelo de estabilización de talud, que consistirá en la idealización de una maqueta a escala reducida que nos permitirá determinar la relación del grado de colapso.</p>	<p>Según el planteamiento de la presente investigación, se ensayará un talud a escala reducida, por ende, se simulará un talud real con las demás consideraciones que presente el tramo crítico, por tanto, es considerado una investigación experimental. Así mismo, durante el desarrollo experimental se controlará el ensayo de forma aleatoria o la aplicación de un tramo de talud que vendría a ser lo más crítico y adaptable al experimento a escala reducida, manteniéndose la geometría del talud existente. Se observará los resultados para comprobar los cambios en cuanto a la relación del factor de seguridad obtenida en los casos estudiados (in situ y la maqueta a escala reducida). Finalmente, se manipulará la variable independiente que vendría a ser una de las características geotécnicas del talud del tramo crítico.</p>	<p>La determinación de la unidad de análisis es específicamente parte del conjunto de la población en estudio, que será estudiada y se encuentra enmarcada en la muestra, la cual permite cumplir los objetivos de la investigación y la contrastación de la hipótesis.</p> <p>Para la investigación tenemos la unidad de análisis específicamente a la estabilización de Talud ubicada en el Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi.</p>	<p>Población.- Para la presente, la población es considerada la Infraestructura Vial (Específicamente según las obras relacionadas de estabilización de taludes) de la pista asfaltada del tramo Casma -Huaraz (Km.0+000 - 0+ 292), del Departamento de Ancash.</p> <p>Muestra.- El tamaño de muestra se basa en una muestra espontánea que trata exclusivamente en la selección de un tramo específico de gran importancia de la infraestructura vial del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292), por ser el más conveniente para el propósito de la investigación, y por ende por presentar y tener accesibilidad a la información del tramo en investigación.</p>	<p>Para la V.I. (caracterización geotécnica).- Las técnicas utilizadas para la investigación consideradas a las fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias para contrastar los análisis y cálculos que permitan el desarrollo de los resultados, Los datos a recolectar serán a través de los siguientes instrumentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fichas del tipo hemerográficas. ➤ Las fichas de recolección de información del Internet. ➤ Fichas técnicas audiovisuales. ➤ Fichas de resumen. ➤ Fichas Técnica para obtención de resultados de laboratorios. 	<p>Para la V.D (Modelo de Estabilización de talud).- Será con la ayuda de los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fichas de Obtención de datos In situ (geometría) ➤ Planos de la maqueta en escala reducida. ➤ Fichas de procedimiento de ensayo de la maqueta en laboratorio. ➤ Fichas para la obtención de los resultados finales y comparación. <p>Según la información obtenida y desarrollada en las Fases se procederá a realizar:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Uso de Software Computación. b) Uso de hoja Exel. Comparación de resultados obtenidos.

CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis e interpretación y discusión de resultados

Para el desarrollo de la presente investigación primero se ha desarrollado un plan de análisis, luego se desarrolló un plan operativo para la ejecución de la investigación a nivel de resultados y finalmente la interpretación y discusión de los resultados finales.

Posteriormente plasmar a detalle las conclusiones y recomendaciones en concordancia de los objetivos trazados.

a) Plan de Análisis

Los datos serán ordenados de manera computacional y descriptiva, luego de haber obtenido los datos en campo y gabinete, así como las revisiones de las bibliografías especializadas que son utilizadas en la presente investigación. La estabilización de taludes es analizada cuantitativamente con un programa computacional el más utilizado de nombre Slide que sirve para analizar la estabilización de taludes.

Por otro lado, los datos son analizados en contrastación de las teorías estudiadas, verificadas en campo, analizadas en laboratorio y según el experimento de la maqueta propuesta de talud a escala reducida.

- b) **Uso del Software computacional.** - en esta etapa será de mucha utilidad el uso de un software que permita ejecutar los cálculos de un sistema de estabilización de talud de manera eficiente, dicha herramienta es lo más recomendado y utilizado en el campo de la ingeniería geotécnica, en la actualidad el programa más utilizado es Slide que permite desarrollar el análisis de estabilización de taludes.

- c) **Los resultados obtenidos de la investigación.** - estarán en base a comparación de lo obtenido en laboratorio y el software.

5.1.1 Ejecución del Plan Operativo de investigación

En la presente investigación el plan operativo para la puesta en marcha del desarrollo del procesamiento de la información teórica y práctica será necesario realizar las siguientes acciones:

- a) Acciones específicas y prácticas de la investigación.
- b) Desarrollo de los objetivos planteados en la investigación.
- c) Ejecución de la factibilidad asignada de actividades para el desarrollo de la presente investigación.
- d) Descripción de los recursos para la realización de la investigación.
- e) Descripción de resultados esperados para la contratación de la hipótesis. esta última será en base al análisis y procesamiento de la información, para poder contrastar las hipótesis de la investigación.

El plan operativo para el desarrollo de la investigación en lo concerniente a los cálculos matemáticos será analizar mediante la transcripción e interpretación de datos numéricos, obtenidos por medio de del software Slide V.8.0, y la teoría especializada investigada en el marco teórico. Previo a la obtención de resultados obtenidos de los estudios de mecánica de suelos y estudios topográficos de la realidad actual, ensayo del prototipo de talud.

Para formalizar el procedimiento del plan operativo se desarrolla a continuación en las acciones en fases según la naturaleza del proyecto de investigación.

5.1.2 Procedimiento de campo (Fase I)

Exploración geotécnica del talud vial en campo del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+ 292).

Se obtendrán resultados aplicándose la norma E.050 para exploración en campo. Así como extraer muestras a cielo abierto mediante la exploración de sondajes, cuidando los procedimientos de la obtención de las muestras alteradas e inalteradas.

Las muestras de las calicatas fueron trasladadas a laboratorio con la finalidad de desarrollar los ensayos estándares y especiales.

Se desarrolló el perfil stratigráfico según lo anexado en el presente informe en cumplimiento de las normativas vigentes.

A continuación se desarrolla los trabajos de campo con las interpretaciones del caso:

- a) **Estudio Topográfico.** - Consistió en la realización del levantamiento topográfico a detalle del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi. Se enmarcaron en los controles altimétricos y planimétricos tomando como referencia puntos georeferenciales normalizadas.



Figura 32. Levantamiento topográfico in situ.

- b) **Exploración en Campo.** – se realizaron de 03 muestreos del perfil del talud existente.



Figura 33. Exploración in situ.

- c) **Muestreo y registros de exploración.** – las muestras obtenidas fueron encapsuladas o protegidas. Para luego llevar al laboratorio donde se pudo obtener sus propiedades y características físico-mecánicas. Las mismas que tienen la siguiente ejecución:
- Inspección visual.- en esta primera etapa se llevó a cabo esta actividad, antes de muestrear el suelo, luego de haber realizado excavación de la calicata para identificar las características posteriores del tipo de suelo.

- Descripción.- seguido se tuvo que describir las características físicas visuales in situ, así como color de los estratos, espesores de estratos (alturas), granulometrías aproximadas en campo, profundidad de presencia si existe napas freáticas, etc.
- Determinación del contenido de Humedad.- es importante determinar el contenido de humedad, mediante el muestreo en campo con bolsas herméticas.

Las fichas de inspección geotécnica se encuentran en los anexos

d) Evaluación de las condiciones geotécnicas. - según la ubicación del sitio del tramo en investigación tendremos:

- No se encontraron niveles freáticos y afloramientos.
- Probabilidad de ocurrencias de fenómenos de deslizamientos. No existe fenómenos de deslizamientos colindantes en la zona de influencia de la investigación.
- Probabilidad de ocurrencia de desplazamientos por medio de movimientos sísmicos.- no se evidencian desplazamientos que puedan producirse por ocurrencia de sismos por mostrar un terreno estable todo el tramo del barrio los olivos.
- Diagnóstico visual del talud crítico actual.-según lo analizado se puede verificar que los taludes existentes no fueron cortadas de acuerdo al tipo de terreno que presenta, como se puede evidenciar en las tomas fotográficas, el perfil y sección que presenta el tramo de talud en investigación.

e) Los recursos designados para la primera fase. – Son los siguientes recursos:

- Equipo técnico para levantamiento topográfico conformado por una cuadrilla de 05 personas (un topógrafo más cuatro ayudantes). Uso de materiales para el estacado, pinturas para enmarcar los BM para el control altimétrico y planimétrico. Equipo topográfico estación total con

sus prismas. Un dron para obtener fotografías aéreas de lugar, que permite plasmar el panorama actual.

- Equipo Técnico para exploración en campo está conforma por cinco integrantes (un investigador, dos técnicos, y dos peones). Que permitieron extraer las muestras inalteradas o alteradas según corresponda para luego ser trasladadas al laboratorio Geotécnico y/o mecánica de suelos. Los materiales a utilizar para la excavación fueron: herramientas manuales (palas, barretas, picos); y para la extracción de muestras lampas, cucharas, para el traslado de las muestras inalteradas al laboratorio se usarán bolsas herméticas para el cumplimiento de las normativas vigentes.



Figura 34. Exploración geotécnica in situ.

- f) **Análisis del Registro de Perfil Estratigráfico del Talud crítico.**- según la exploración en campo se realizó el diagnóstico de los taludes que en resumen se tiene las siguientes características contenidas según las fichas de exploración geotécnica que son adjuntadas en los anexos.
- ✓ El análisis de la progresiva Km. 0+150.- la altura de talud tiene 19.61m, existe la presencia de roca fracturada y estable por encontrarse en la

base del talud; en la parte superior se tiene una altura de 9.10m de altura con presencia de material de grava limosa con mezcla de grava y limo GM-GC (se exploró muestra en bolsa y alteradas, a cielo abierto), en la parte superficial se encuentra material orgánico de un espesor 0.40m.

- ✓ El análisis de la progresiva Km. 0+220.- la altura de talud tiene 29.0m, existe la presencia de material de grava limosa con mezcla de grava arcillosa GM-GC, de la que se exploró una muestra en bolsa y en costal a cielo abierto, existe material orgánico en la parte superior del talud con un espesor aproximado de 0.40m.
- ✓ El análisis de la progresiva Km. 0+270.- la altura de talud tiene 12.70m, existe la presencia de material de grava limosa y arcillosa con mezcla de grava y limo GM-GC, de la que se exploró una muestra en bolsa y en costal a cielo abierto, existe material orgánico en la parte superior del talud con un espesor aproximado de 0.40m.

5.1.3 Procedimiento de Gabinete y Laboratorio (Fase II)

a) **Procesamiento de datos topográficos.**- para determinar planos a detalle de planta topográfica, perfiles longitudinales, secciones transversales para definir la geometría del talud en su estado actual.

En el área topográfica. – como recurso se utilizó una computadora estacionaria, para el procesamiento de planos a detalle con softwares AutoCAD Civil.

Ubicación política:

- ✓ Barrio: los olivos
- ✓ Distrito: Independencia
- ✓ Provincia: Huaraz
- ✓ Departamento: Ancash.

Localización Geográfica:

- ✓ 8946013.67 Norte
- ✓ 221624.48 Este
- ✓ Altitud:3045 msnm.

Del procesamiento de la información topográfica se tiene según la figura 35., el plano en planta, donde se muestra las curvas de nivel del talud a investigar de todo el tramo crítico desde km.0+000 al 0+292, donde se tiene taludes con pendientes vulnerables, las mismas que en épocas de lluvias sufren deslizamientos, poniendo en riesgo a los transeúntes, por encontrarse en la vía principal de la carretera Casma Huaraz, específicamente al ingreso a la ciudad de Huaraz.

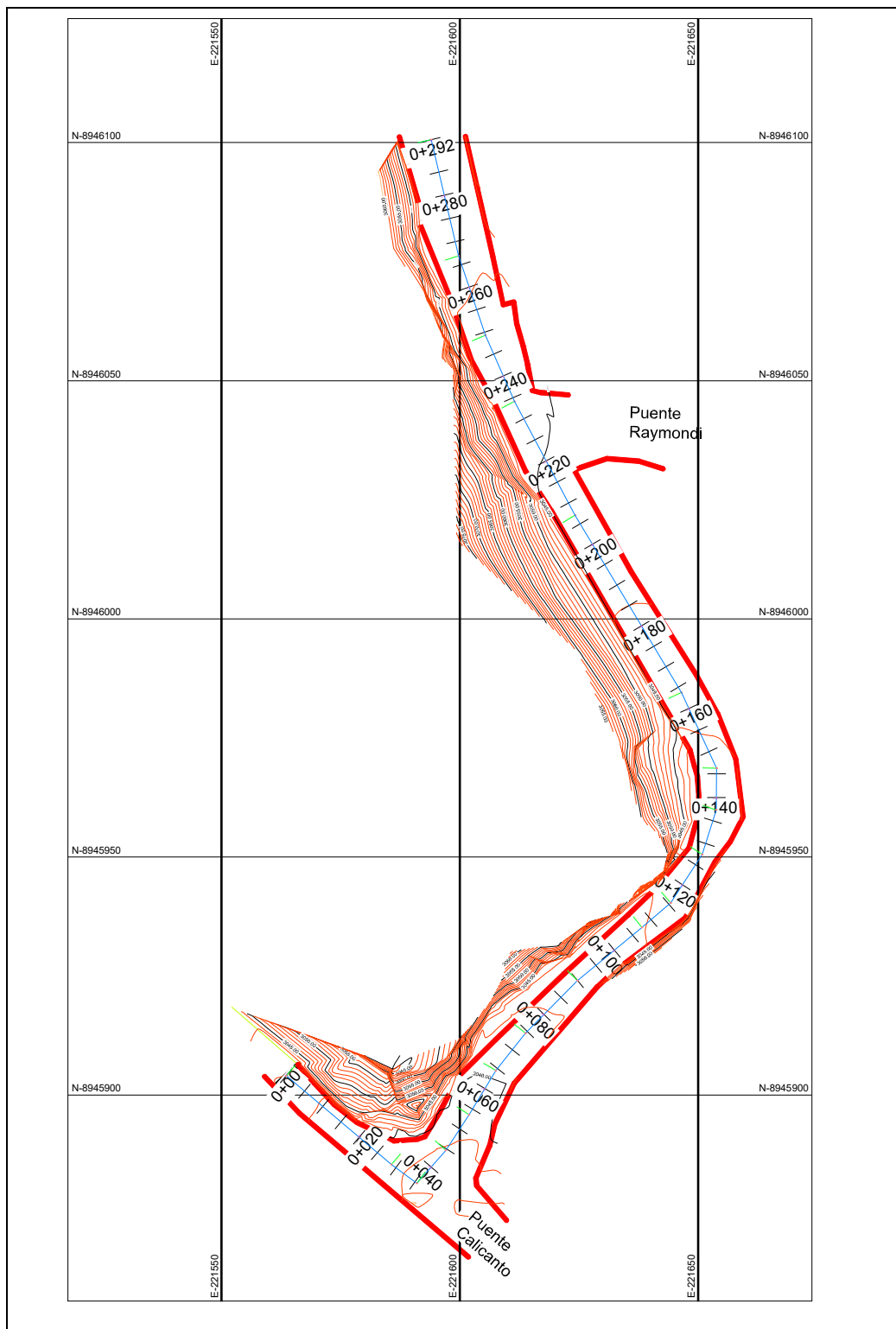


Figura 35. Plano del tramo en estudio (zona críticas) en planta Km. 0+000 - 0+292.

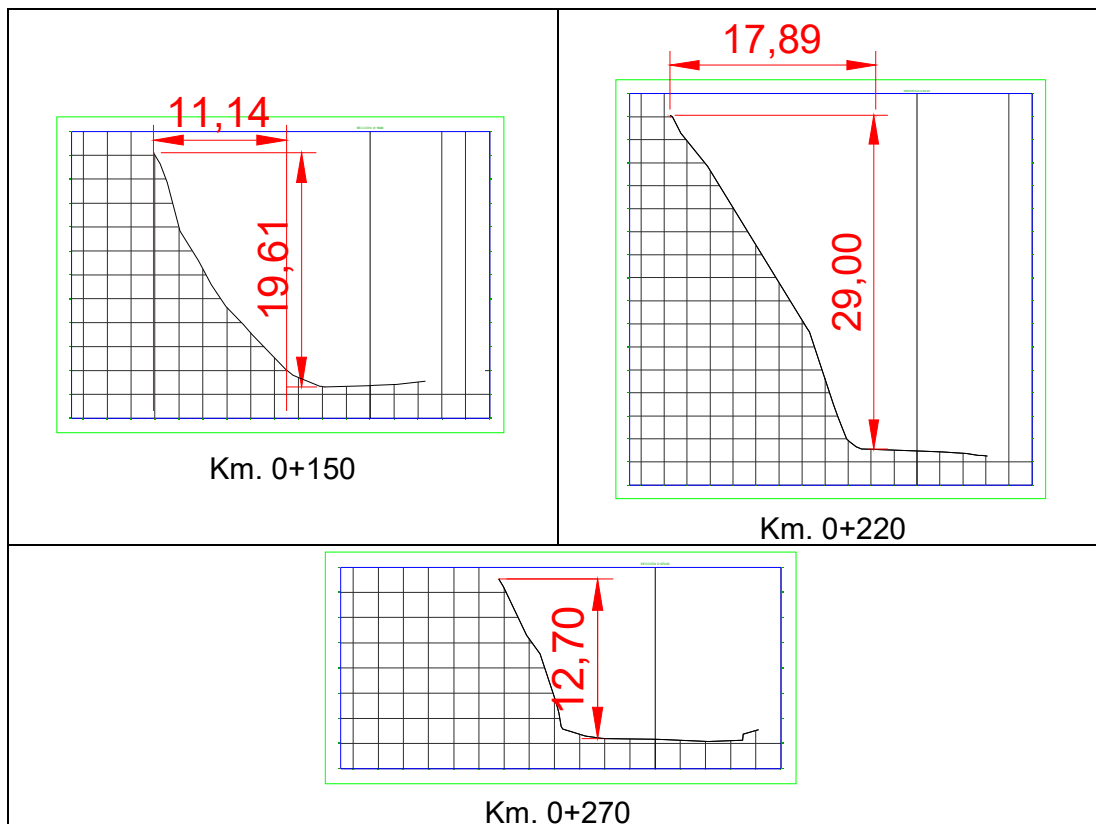


Figura 36. **Sección de talud de los tramos explorados in situ.**

Según la figura 36., se tiene tres secciones de talud determinados como resultados:

Km. 0+150.- Se tiene un talud 1:2, de altura $H=19.61$ m.

Km. 0+220.- Se tiene un talud 1:3, de altura $H=29.00$ m.

Km. 0+270.- Se tiene un talud 1:2, de altura $H=12.70$ m.

De las tres secciones de progresivas analizadas, el talud más crítico es de altura $H=29.00$ m, con relación de talud 1:3 (H:V), con este talud escogido analizaremos la maqueta a escala reducida, para proponer la estabilización final.

b) Ensayos de laboratorio. - Antes de describir los tipos de ensayos a desarrollar es importante identificar las clasificaciones de los tipos de suelos alteradas e inalteradas.

- **Clasificación.** - La clasificación de los suelos se desarrollará según la ejecución de los ensayos estándar en laboratorio.
Dichas muestras fueron seleccionadas por medio de la inspección visual. El número de clasificación es igual al número de estrados que presenta el talud o calicata que fue explorada.
- **Clasificación de suelos cohesivos duros.** - Según la exploración en campo se podrá analizar el análisis granulométrico por tamizado, límites de consistencia, contenido de humedad natural, en caso de existencia del tipo de suelos cohesivos duros.
- **Clasificación de muestras inalteradas.** - No se pudo obtener debido a que las muestras obtenidas son en la gran parte del tipo de suelo arenoso, proveniente de una roca en estado de disgregación, arcillas con presencia de gravas.
- **Clasificación de suelos granulares.** - Se desarrolla mediante los ensayos de granulometría y límites de consistencia.

En laboratorio se desarrolló los ensayos estándar y especiales para la obtención de resultados de los datos geotécnicos obtenidos en campo. Las cuales se basarán específicamente en la realización de los siguientes ensayos según normativa vigente:

Ensayos Estándar:

- Análisis granulométrico por tamizado según las Norma ASTM D-422 y NTP 339.128.
- Límites de consistencia (límite líquido según la Norma ASTM D-4318 y NTP 339-129, límite plástico según la Norma ASTM D4318 y NPT 339-129, índice de plasticidad según la Norma ASTM D-4318). La calicata número C-01 no se pudo obtener debido a que presenta un material del tipo arenoso
- Contenido de humedad según la Norma ASTM D-2216 y NTP 339-127.

- Pesos unitarios según Norma ASTM D-4253, D-4254.
- Pesos específicos según Norma ASTM D-4253, D-4254.
- Clasificación de suelos según SUCS Y AASHTO.

Ensayos Especiales:

- Corte directo.- llevada a cabo según la Norma D-3080 y la NTP 339-171, este ensayo se realizó en laboratorio donde obtuvieron los resultados de cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ).

Equipos Utilizados en Laboratorio. - uso de equipos calibrados para todos los ensayos en laboratorio, así como se lista a continuación:

- a. Contenido de Humedad. - directamente de la muestra extraída in situ (inalterada en bolsa)
- b. Granulometría. - tamizado según mallas norma ASTM D-422 y NTP., las mallas son de diámetros: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200, mayor N° 200.
- c. Limite Liquido. - uso del equipo de Casagrande norma ASTM D-423.
- d. Limite Plástico. - uso del vidrio según norma ASTM D424.
- e. Obtención de la gravedad específica. - norma ASTM D854 (NTP 339-131) con el uso del matraz.
- f. Obtención de la Densidad de Suelos Cohesivos. - norma (NTP 339-139) con el uso del matraz.
- g. Corte Directo. - según la norma ASTM D-2216.
- h. Equivalente de arena.- uso de equipos según la NTP 400.037.

- c) Diagnóstico de la existencia del flujo subterráneo.**- según el diagnostico realizada in situ no existen aguas subterráneas o napas freáticas, se encontró aguas superficiales provenientes de riegos en la parte alta de las áreas agrícolas, por ende existe la presencia de aguas pluviales para la cual en la presente investigación se analizará la estabilización de talud luego de analizar el talud natural.

d) Análisis y diseño de la estabilización de talud vial.- Del Barrio de los Olivos tramo: Puente San Gerónimo - Puente Raymondi (Km.0+000 - 0+292).

Se utilizará el método de equilibrio limite, para determinar tensiones de corte, esfuerzos en la falla, etc. Factor de estabilización de talud.

Se procederá a proponer un método de estabilización de talud más utilizado en el campo de la ingeniería por tratarse de una infraestructura vial, siendo lo más adecuado y económico y la disponibilidad del espacio una berma o corte de banquetta, para el resguardo de las vidas humanas y el confort del ciudadano.

Para el estudio no se ha considerado un análisis bidimensional de equilibrio limite, por tanto no se ha considerado en el análisis la fluencia de las fuerzas axiales. Solamente se ha considerado un análisis en el plano de la sección del talud.

e) La organización en esta segunda fase. - Se tuvo la siguiente organización: Un Ingeniero Civil (investigador), un Asesor (investigador), dos técnicos ayudantes de laboratorio, un topógrafo.

A continuación se muestran algunas vistas fotográficas de los procedimientos en Laboratorio.



Figura 37. Procedimiento para la obtención del Contenido de Humedad.



Figura 38. Procesamiento de cuarteo en laboratorio.

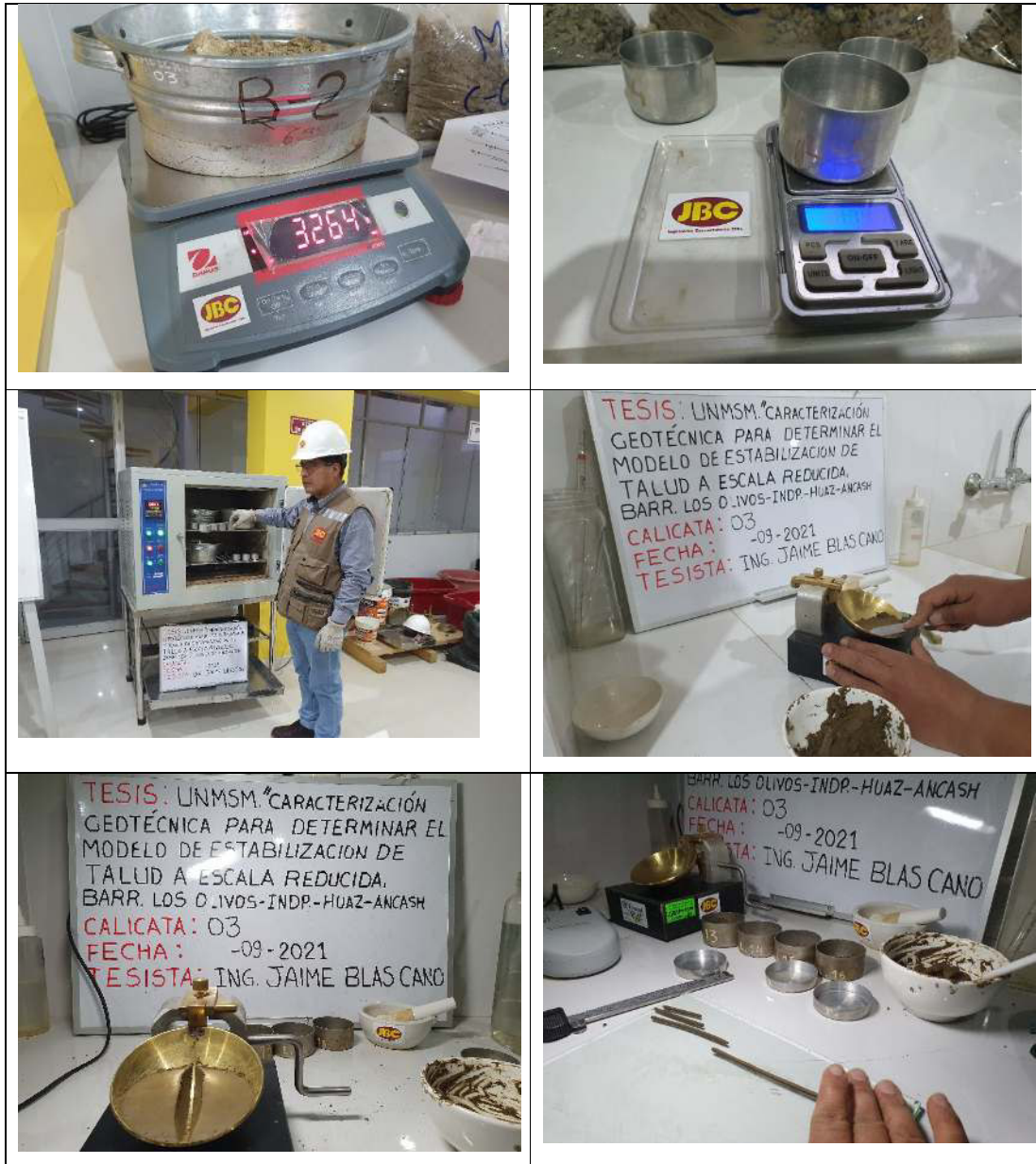


Figura 39. Procesamiento de contenidos de humedad, límites líquido en laboratorio.



Figura 40. Procesamiento análisis granulométrico y pesos específicos en laboratorio.



Figura 41. Procesamiento del ensayo Equivalente de Arena.



Figura 42. Procesamiento del ensayo de Corte Directo en laboratorio.

5.1.4 Construcción y ensayo de talud a escala reducida (Fase III)

En esta fase se elabora la maqueta a escala reducida y es ensayada con la finalidad de obtener el factor de seguridad.

Luego de haber obtenido los resultados en gabinete, así como los factores de estabilización de talud para el tramo en investigación, se procede a la elaboración de la maqueta y del ensayo, siguiendo los siguientes procedimientos:

- a) **La elección geométrica del modelo de talud.-** fue optado, según el diagnóstico y el estudio topográfico realizado para la investigación.

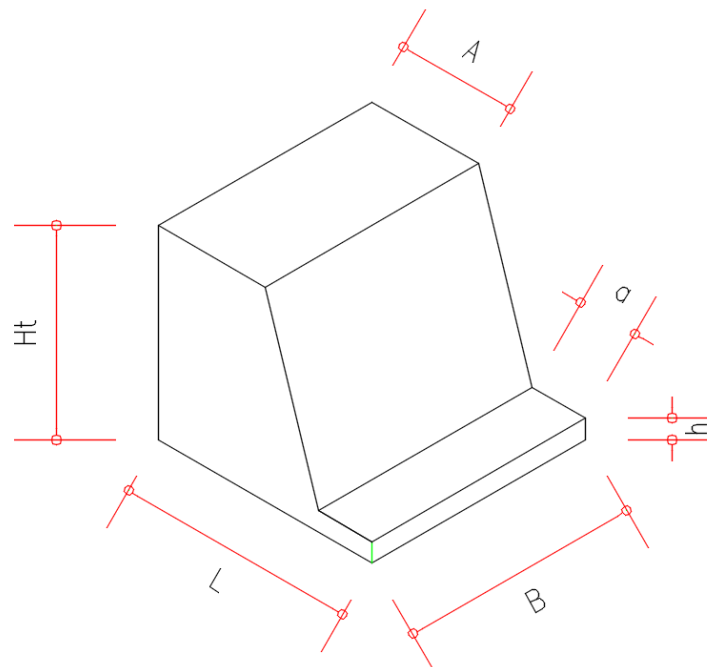


Figura 43. **modelo de talud geométrico según topografía del terreno natural**

Fuente. *Elaboración propia*

Donde:

L: Largo total de análisis del talud real.

B: Ancho del talud real.

Ht: altura total de análisis del talud.

A: ancho de corona superior del talud.

a: ancho de puntera del talud real.

h: altura de la puntera del talud.

b) **Determinación del factor de escala geométrico para el modelo de estructuras del talud.**

Cuadro 6. Factor de escala geométrico

Descripción	Modelo	Prototipo
Largo (L)	Sera Definida por el estudio topográfico	Se definirá según medidas finales topográficas mediante una relación de escala reducida y conocida, que permita ser manipulable y ser ensayada.
Ancho (B)		
Altura del talud (Ht)		
Ancho corona (A)		
Ancho de puntera (a)		
Altura de puntera (h)		

Fuente. *Elaboración propia*

La escala utilizada tomando como referencia los manuales de introducción al uso del programa Slope, y por ende adecuando al equipo de penetración del CBR se tiene la siguiente geometría:

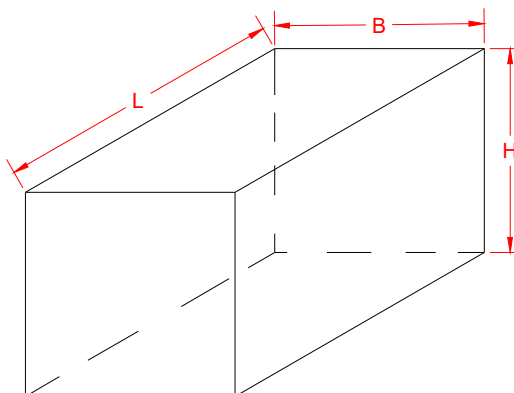


Figura 44. **modelo de la probeta de ensayo para elaboración del Talud a escala reducida**

Fuente. *Elaboración propia*

De la figura 44, se puede obtener las siguientes dimensiones que servirá para la confección de las probetas de ensayo, luego se ensayará los taludes.

Las dimensiones de las probetas fueron escogidas de acuerdo al espacio que proporciona el equipo estandarizado de CBR. La escala determinada y más adecuada se determinó por la formula $E=D/R$.

Donde: E= escala, D= medida del dibujo, R=medida real de campo.

En el siguiente cuadro se tiene las dimensiones de la probeta a escala natural y escala reducida.

Cuadro 7. Medidas internas de la probeta de ensayo

Probeta	Descripción	medidas			Escala
		Li (m)	Bi (m)	Hi (m)	
P-1	Probeta a escala Natural	0.332	0.222	0.189	1:1
	Probeta a Escala Reducida	66.40	44.40	37.80	1:200
P-2	Probeta a escala Natural	0.332	0.222	0.188	1:1
	Probeta a Escala Reducida	66.40	44.40	37.60	1:200
P-3	Probeta a escala Natural	0.332	0.223	0.188	1:1
	Probeta a Escala Reducida	66.40	44.60	37.90	1:200

Fuente. *Elaboración propia.*

Las medidas de escala natural y reducida son internas. Los espesores de los elementos que se ha utilizado para la construcción de las probetas según los materiales utilizados, se detallan en la siguiente figura 45.:

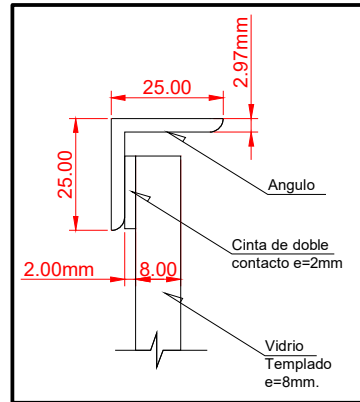


Figura 45. **detalle los espesores de materiales utilizados en la construcción de la probeta de ensayo**

Fuente. Elaboración propia

c) **Descripción de los materiales a utilizar para la elaboración del modelo del talud.** - se utilizará el mismo material del suelo que se exploró in situ en forma inalterada y alterada.

Para la elaboración de la maqueta donde se construirá el talud a escala reducida estará compuesta por lo siguiente:

- Vidrios templados incoloro, de espesor 8mm.
- Estructura de la probeta con ángulos 1"x1", unidos mediante soldeo.
- Pintado de la estructura de la probeta.
- Uso de la cinta de doble contacto, para pegado del vidrio y evitar la presión de la carga directa del suelo que es sometido sobre el modelo de talud.
- Uso del equipo del ensayo CBR, para la aplicación de la carga puntual progresiva sobre el modelo de talud.

d) Construcción de la estructura de la probeta. - Se elaboró siguiendo un procedimiento ideal, a escala reducida, con la finalidad que permita visualizar sus características de desempeño interno del material de suelo durante el ensayo de compactación, formación del talud a escala reducida y ensayo de carga de talud.

Una vez armada la parte estructural mediante soldeo (ángulos y planchas de acero), se procede a colocar el vidrio templado previa medición interna y corte (en fabrica).

Previamente colocando la cinta de doble contacto con la finalidad de mitigar el impacto de la carga lateral producida por el relleno de la formación del talud durante la compactación del material de suelo y el ensayo propiamente del talud en el equipo de CBR.

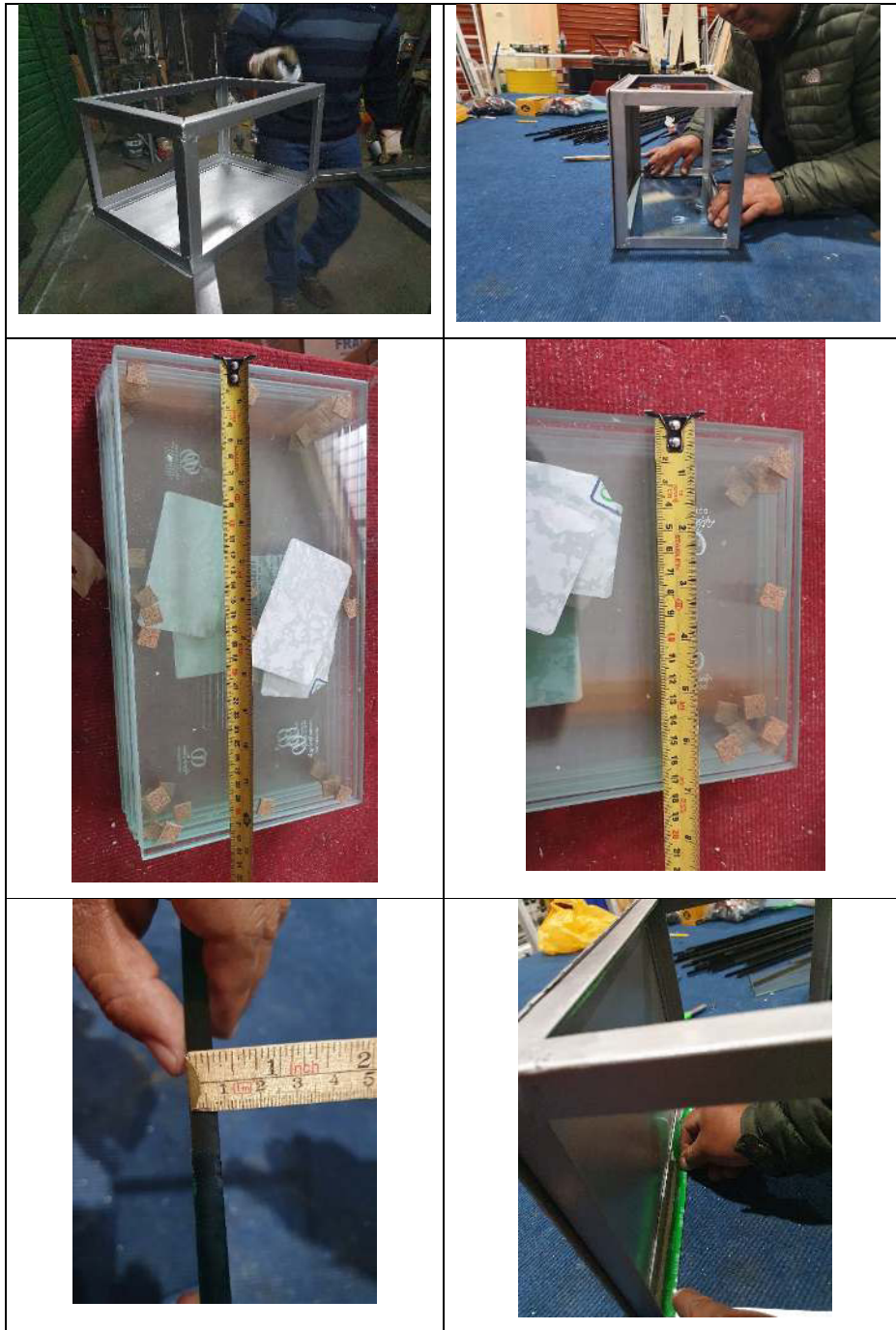


Figura 46. Construcción de la probeta de ensayos a escala reducida

Fuente. Elaboración propia

e) Construcción de pisón de compactación. -

Esta se encuentra conformada por material de acero, consta de una plancha de acero de la base de compactación de espesor $e=9.68\text{mm}$ de

medidas 10cmx10cm, y un mango de acero tubo solido de $\varnothing 28.5\text{mm}$. de altura $h=49.6\text{ cm}$. con peso exacto de 3000g.



Figura 47. **Construcción del pisón para de ensayos a escala reducida**

Fuente. *Elaboración propia*

- f) **Construcción del talud a escala reducida.** - Se construyó rigiéndose a un proceso ideal en laboratorio, con la finalidad de aproximar el estado real (in situ). En esta etapa lo más importante es la colocación, compactación del material.

Primero se realizaron los trazos con tinta indeleble sobre el vidrio a escala reducida, dibujando el talud natural y otra alternativamente como por ejemplo a 45° respecto a la horizontal (ver figuras 48 y 50). Proceso considerado para la primera etapa de las tres probetas (talud natural).

Luego se desarrolló como segunda etapa, para el talud estabilizado, considerando los ángulos de inclinación de 57° y 45° respecto a la horizontal, para tres probetas (ver figuras 49 y 50).

A continuación se tiene la gráfica a escala para la formación del talud en las probetas para ambos casos.

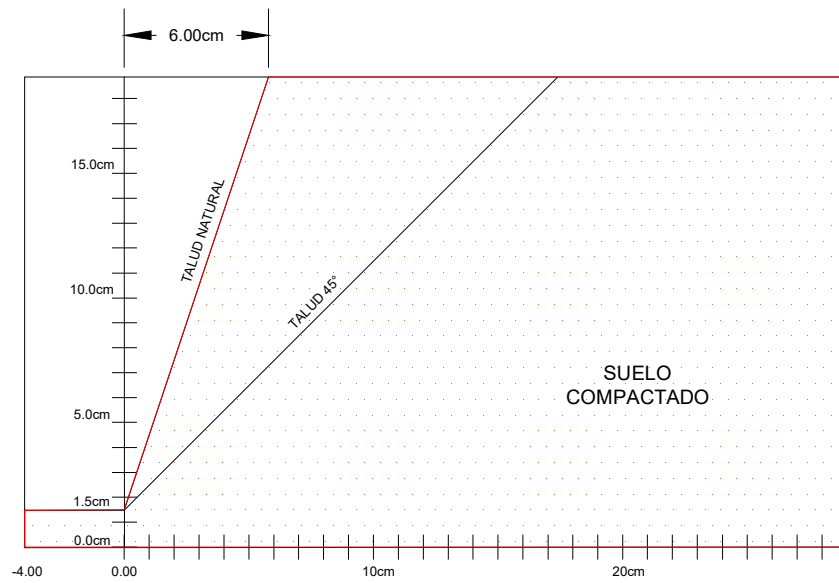


Figura 48. Trazo del talud Natural a escala reducida (P-1, P-2, P-3)

Fuente. Elaboración propia

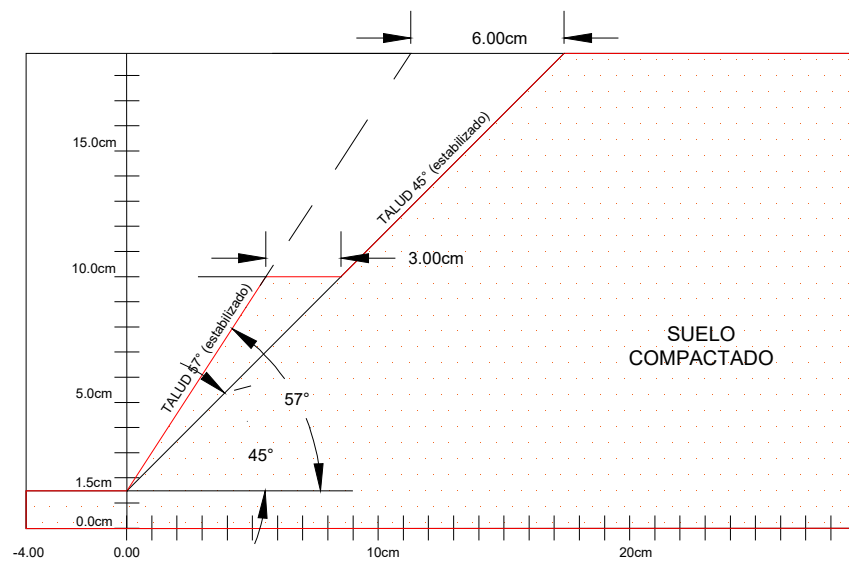


Figura 49. Trazo del talud Estabilizado a escala reducida (P-1, P-2, P-3)

Fuente. Elaboración propia

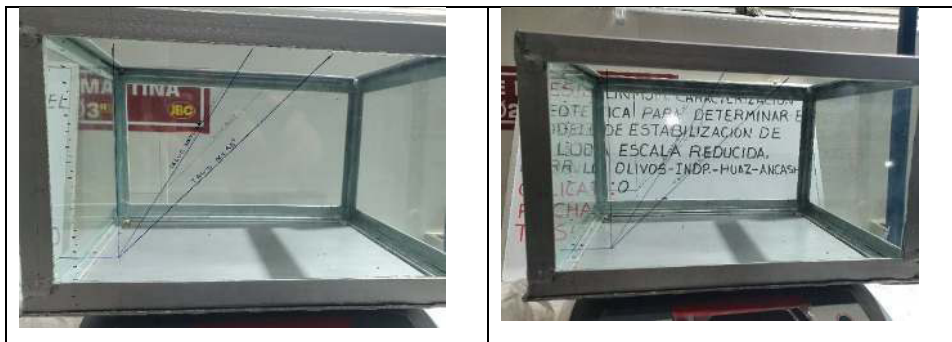


Figura 50. **Marcación con tinta indeleble sobre las caras laterales de la probeta**

Fuente. *Elaboración propia*

La compactación se realizó en capas uniformemente distribuida a escala reducida 1/200 a cada 4m (a escala natural sería a cada dos centímetros), alcanzando en total 150 golpes aproximado para cada probeta, en diez capas por cada probeta, por cada capa distribuida de forma homogénea de 15 golpes, como se tiene a continuación:

H_p : altura interior promedio de probeta= 18.80 cm \approx 19cm

e_c : espesor de capa = 2.00 cm.,

capas totales por cada probeta= $19 / 2 = 9.5$ capas \approx 10 capas,

de golpes por capa= 15 golpes (ver figura 51),

Cantidad total de golpes por probeta = 150 golpes.

En la figura 51., se tiene la distribución de la compactación, con el pisón hechizo fabricado para el área en planta, las medidas en planta del área total en promedio son: 0.33x0.22m, y el área de compactación de la base del pisón es de 0.10x0.10m, haciendo en total 15 golpes como se puede visualizar a continuación.

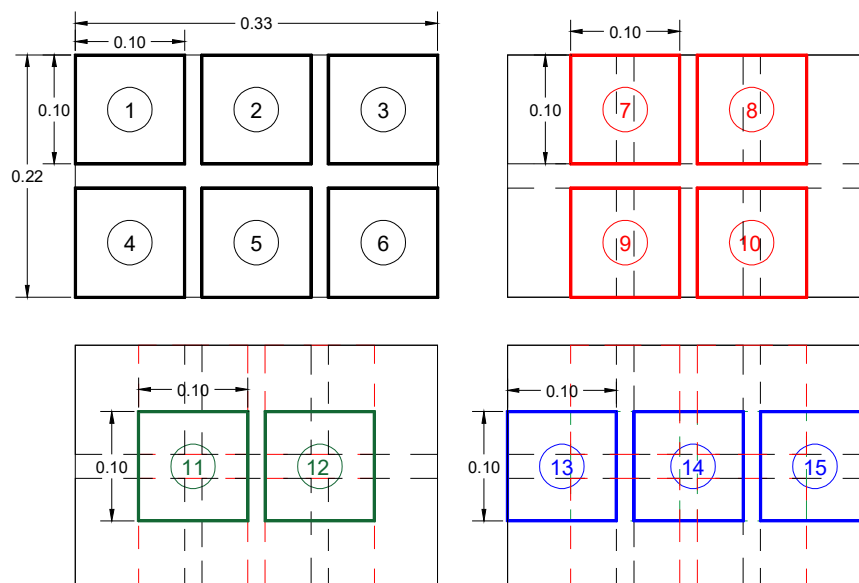


Figura 51. **Distribución de golpes por cada capa de suelo (15 golpes)**

La compactación se realizó con el uso del pisón construido con capacidad de 3000gr., de una altura en promedio de 30cm.

Por otra parte, también se utilizó el martillo normalizado alcanzando 59 golpes por cada capa, de uso para el Proctor modificado, con la finalidad de alcanzar la compactación máxima según lo obtenido en laboratorio.

La sustentación del espesor de compactación de capas de 2cm. Y el número de golpes por cada capa, utilizadas en el experimento para la formación de las probetas de talud natural y talud estabilizada, se fundamenta en lo siguiente:

Se realizó varias iteraciones sucesivas de compactación de las probetas en laboratorio, con datos de contenido de humedad de 8.50% (optimo), 12% y 16%, hasta alcanzar la similitud de la densidad obtenida en laboratorio mediante el ensayo del Proctor modificado.

La forma de verificar la densidad, para la aproximación del valor obtenido de la densidad de ensayo mediante el Proctor modificado, fue realizando el peso de la muestra de cada probeta, luego de haberse compactado

en capas de 2cm. finalmente se divide entre el volumen interior de la probeta, obteniéndose la densidad del material.

Durante el experimento de la compactación, se puede notar, alcanzada la compactación máxima, así se compacte mayor número de veces los resultados son similares en cuanto a la densidad obtenida.

A continuación se muestra el procedimiento de compactación, elaboración del talud, y ensayo del talud natural y estabilizado según las figuras 52 y 53.

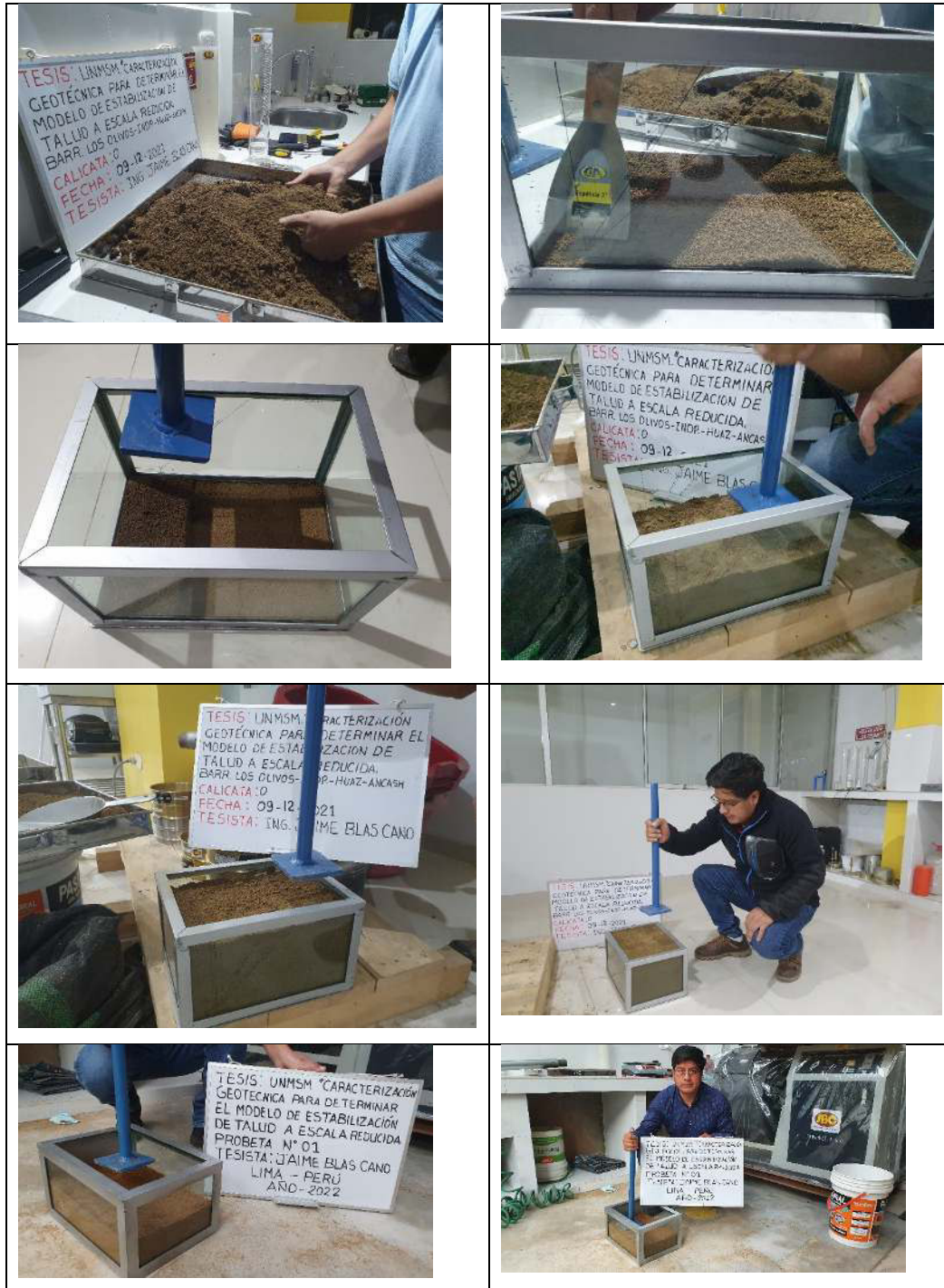


Figura 52. Proceso de compactado con pisón de capacidad 3000g.

Fuente. Elaboración propia



Figura 53. Proceso de compactado con pisón de Proctor modificado peso de martillo 4545g.

Fuente. Elaboración propia

La conformación del talud a escala reducida en la maqueta se lleva a cabo mediante el corte manual con el uso de herramientas manuales (espátulas), se conforma el talud primero según la geometría obtenida con el estudio topográfico que muestra el estado real del talud.



Figura 54. Proceso de conformación del modelo talud natural a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia



Figura 55. Proceso de conformación del modelo talud estabilizado a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia

g) El ensayo del talud a escala reducida.

Ha sido sometido a sobre cargas en la corona, simulando un ancho de cimentación de edificación a escala reducida ESC: 1/200, que permita

aplicar la carga puntual progresiva en laboratorio, con la finalidad de obtener el factor de seguridad durante su desempeño a las cargas externas en su estado real con presencia de humedad, que sería el ensayo que permitirá proyectar la estabilización del talud.

Para determinar resultados se utilizó filmación en tiempo real, secuencias fotográficas, para verificar los cambios del talud ante la presencia de carga externas del estado actual, se usa una marcación sobre el vidrio con tinta indeleble a escala sobre las caras laterales de vidrio de cada probeta.

Según la siguiente figura se puede identificar la carga “Q” determinada por la máquina del CBR, que reposa sobre una plancha fabricada de 11x8m a escala reducida (ESC:1/200) para simular una edificación con dichas medidas, este criterio considera la carga del ensayo que en un futuro en la cima del talud los propietarios realicen construcciones.

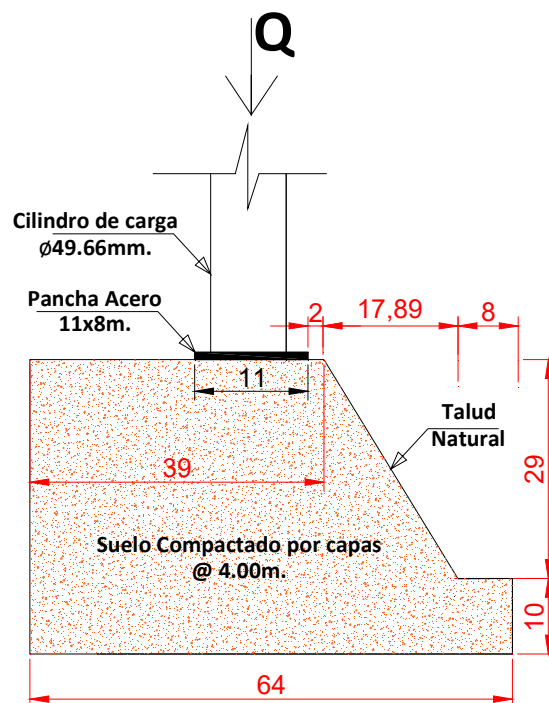


Figura 56. modelo de talud a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 8. Medidas a escala de la plancha de apoyo

Apoyo	ancho (m)	largo (m)	área (m ²)	Escala
Plancha de apoyo de carga e=4.5mm	0.08	0.11	0.0088	1:1
Plancha de apoyo de carga e=4.5mm	16.00	22.00	1.76	1:200

**Figura 57. Proceso de ensayo de talud natural en máquina de carga CBR.**

Fuente. Elaboración propia



Figura 58. **Proceso de ensayo de talud natural en máquina de carga CBR. Se visualizan las grietas**

Fuente. Elaboración propia



Figura 59. **Proceso de ensayo de talud natural en máquina de carga CBR. Secuencia de toma de datos de esfuerzos y deformaciones.**

A continuación se detallan los efectos producidos durante el ensayo en talud estabilizado



Figura 60. Proceso de ensayo de talud natural estabilizado en máquina de carga CBR. Se observa las grietas luego del ensayo de carga.

5.2 Prueba de hipótesis

Para la investigación se empleó la prueba empírica, para tomar la decisión con relación a ser aceptadas o rechazadas, de acuerdo a la observación de los resultados reales del experimento, con la finalidad de contrastar la hipótesis.

Para la contrastación de la investigación se especifica lo siguiente:

Con la determinación de la caracterización geotécnica se pudo obtener resultados reales en cuanto a laboratorio y gabinete.

Con el análisis del talud en estado natural se pudo determinar el factor de seguridad real, así mismo también el FS del talud más crítico, de la cual con la propuesta de estabilización se logró mejorar y pronosticar la probabilidad de no fallar el talud más crítico.

Se ha podido verificar un nuevo factor de seguridad del talud estabilizado.

Y finalmente se ha podido concluir que si es posible establecer una relación de factor de seguridad entre el talud natural y el talud estabilizada.

5.3 Presentación de resultados

Los resultados han sido procesados siguiendo la siguiente estrategia, que serán concordantes según los planteados de los objetivos de la investigación.

5.3.1 Resultado de laboratorio para la determinación de la caracterización geotécnica según los ensayos Estándar.

Los resultados de la caracterización geotécnica forman parte del primer objetivo específico, que fueron desarrollados en laboratorio, son reflejadas y contrastadas en la estratigrafía de los estratos ensayados.

Por otro lado sirve para desarrollar la clasificación SUCS y ASTHO según normativa. Con los ensayos especiales y parámetros analizados de los ensayos estándar podremos determinar directamente la caracterización geotécnica solicitada tales como el ángulo de fricción del suelo " ϕ ", cohesión del suelo " c ", y los pesos específicos " γ ". finalmente la capacidad admisible del terreno.

A continuación se tiene el resumen de los ensayos estándares en los cuadros 9 y 10.

La clasificación de suelos según AASTHO y SUCS se visualizan en los cuadros 11 y 12.

Cuadro 9. Resumen del análisis granulométrico

		CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC		
		C - 01	C - 02	C - 03
MUESTRA		Mib-1	Mib-1	Mib-3
PROF. Extracción de la Muestra (m)		1.5m	1.5m	1.50 m.
ANALISIS GRANULOMETRICO (CLASIFICACION ASTM D-422)				
Porcentaje Acumulado que pasa por malla de porción de material < 3"	3"	100.00	100.00	100.00
	2"	91.68	100.00	100.00
	1 1/2"	86.20	93.80	93.37
	1"	77.89	88.86	84.87
	3/4"	71.41	85.68	78.61
	3/8"	59.12	77.91	68.55
	N° 4	48.47	71.21	60.59
	N° 10	38.10	63.90	52.99
	N° 20	28.85	49.06	45.05
	N° 40	22.96	36.47	38.30
	N° 60	19.12	29.67	33.05
	N° 100	15.87	24.43	27.78
	N° 200	13.00	19.29	22.52
Resultados de Granulometría por Tamizado	D60 (mm)	2.12	1.03	1.15
	D30 (mm)	0.75	0.26	0.15
	D10 (mm)	-0.03	-0.13	-0.19
	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	-70.24	-8.24	-6.14
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	-8.74	-0.52	-0.10
	GRAVA (%): [N°4< ϕ <3"]	51.53	28.79	21.39
	ARENA (%): [N°200< ϕ <N°4]	35.47	51.92	56.08
	FINOS (%): [ϕ <N°200]	13.00	19.29	22.52

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 10. Resumen de Ensayos Límites de consistencia

	CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC		
	C - 01	C - 02	C - 03
LIMITES DE CONSISTENCIA			
Límite Líquido (LL), (%)	0.00	34.72	37.59
Límite Plástico (LP), (%)	0.00	23.17	26.99
Índice de Plasticidad (IP), (%)	0.00	11.55	10.60
Contenido Humedad Promedio. (%)	4.49%	3.30%	4.15%

Cuadro 11. Resumen de Clasificación según AASTHO

CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC			
	C - 01	C - 02	C - 03
CLASIFICACION SEGÚN AASHTO (ASTM D-3282-AASHTO M145)			
a =	0.00	0.00	0.00
b =	0.00	4.29	7.52
c =	0.00	0.00	0.00
d =	0.00	1.55	0.60
IG =	0	0	0
Tipo de Suelo	Material Granular	Material Granular	Material Granular
Clasificación de Suelos	A - 1	A - 2	A - 2
Suelo	A - 1 - a (0)	A - 2 - 6 (0)	A - 2 - 6 (0)

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 12. Resumen de Clasificación según SUCS

CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC			
	C - 01	C - 02	C - 03
CLASIFICACION SEGUN SUCS ASTM D-2487			
Característica del Suelo Según "Cc"	Suelo Mal Graduado	Suelo Mal Graduado	Suelo Mal Graduado
Tipo de Suelo según su granulometría	Suelo Grueso	Suelo Grueso	Suelo Grueso
	Grava	Arena	Grava
Tipo de Simbología	Simbología Normal	Simbología Normal	Simbología Normal
Tipo de Suelo	GM	SM	GM

Fuente. Elaboración propia

5.3.2 Resultado de laboratorio para la determinación de la caracterización geotécnica según los ensayos Especiales.

De los ensayos especiales desarrollados en laboratorio, se obtuvieron los resultados siguientes:

El resumen de la densidad obtenida en laboratorio por el método de Proctor modificado se tiene en el cuadro 13.

El resumen de los resultados de cohesión, ángulo de fricción interna, obtenidas en laboratorio se tiene en el cuadro 14.

Cuadro 13. Resumen de Proctor Modificado

CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC			
	A - 1 - a	A - 2 - 6	A - 2 - 6
RESULTADOS DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)			
Densidad Seca Máxima (T/m ³)	-	2.04	2.05
Contenido de Humedad Optima (%)	-	8.41	8.53

Fuente. Elaboración propia

Seguidamente mostramos los resultados del ensayo de corte directo que sirvió para determinar la cohesión y el ángulo de fricción del suelo

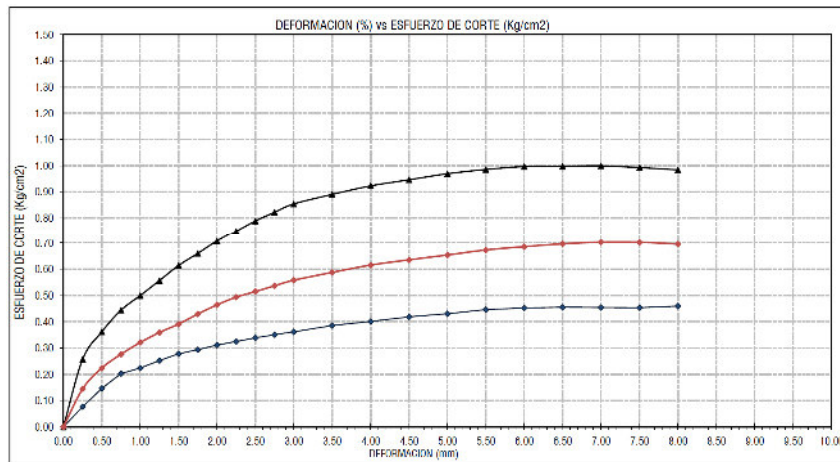


Figura 61. Grafica Esfuerzo de Corte versus Deformación

Fuente. Elaborado por GEOCON VIAL

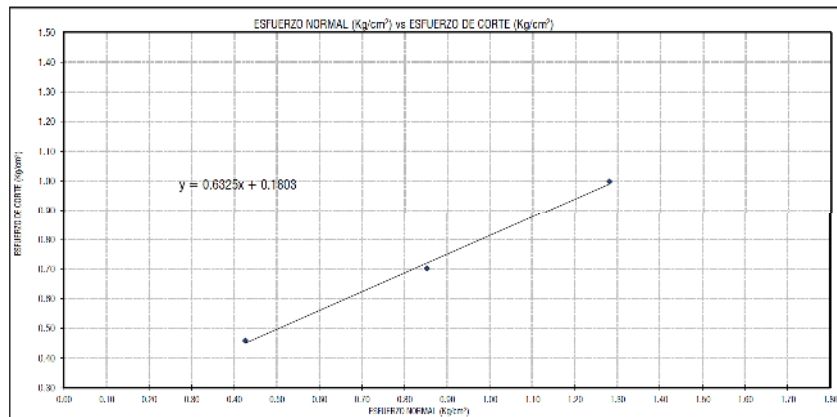


Figura 62. Grafica Esfuerzo de Corte versus Esfuerzo de Normal

Fuente. Elaborado por GEOCON VIAL

Finalmente obteniendo lo siguiente:

Cuadro 14. Resumen de resultados de Corte directo y peso específico

Caracterización	Resultado
Cohesión (c)	0.18 kg/cm ² = 17.65 kN/m ²
Angulo de Fricción Interna (ϕ)	32.31°
Peso específico (gr/cm ³)	1.71 gr/cm ³ =16.97 kN/m ³

Fuente. *Elaboración propia.*

5.3.3 Resultado del Análisis de talud según la caracterización geotécnica determinada, mediante el Método de Equilibrio Limite.

Para el segundo objetivo específico, podremos obtener resultados con los datos obtenidos del primer objetivo específico, haciendo uso del método de equilibrio limite mediante el uso del software Slide, que nos permitirá obtener resultados de factor de seguridad para el tramo del talud en investigación.

Con los resultados de cohesión, ángulo de fricción y peso específico se desarrollan según el resumen del cuadro anterior.

a) Análisis del talud natural a escala real

Análisis de la progresiva: Km. 0+150 (talud menos critico): se ha calculado el factor de seguridad mediante el programa Slide para poder verificar si en realidad es el menos critico según la forma que presenta en campo.

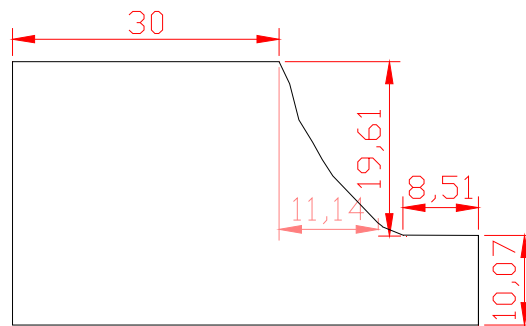


Figura 63. **Sección a escala Real, progresiva Km. 0+150**

Fuente. *Elaboración propia.*

Según Bishop simplificado F.S.=1.094

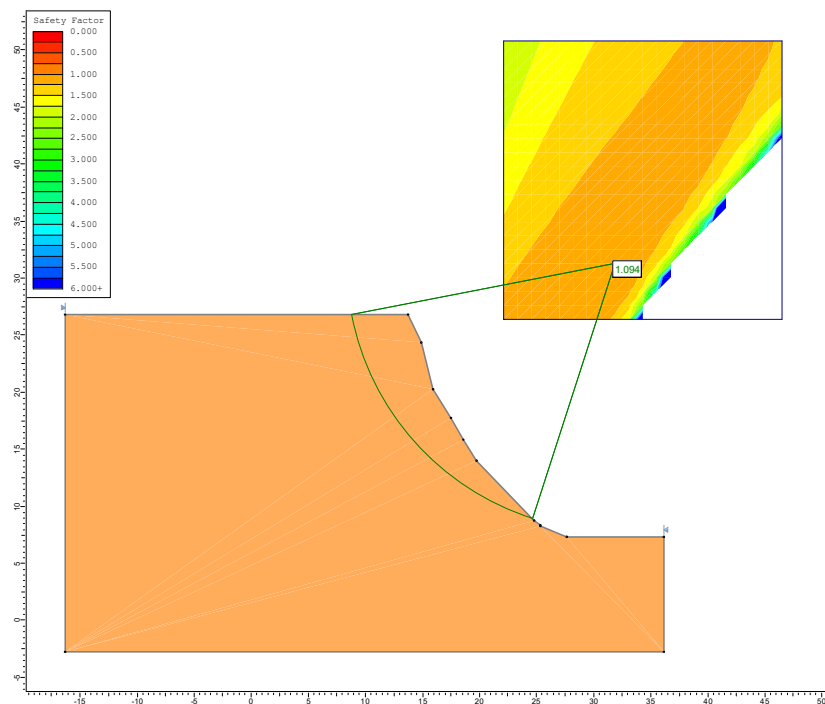


Figura 64. **Resultado del factor de seguridad mediante el método de Bishop simplificado**

Fuente. *Elaboración propia.*

Según Janbu Simplificado $F.S=1.048$

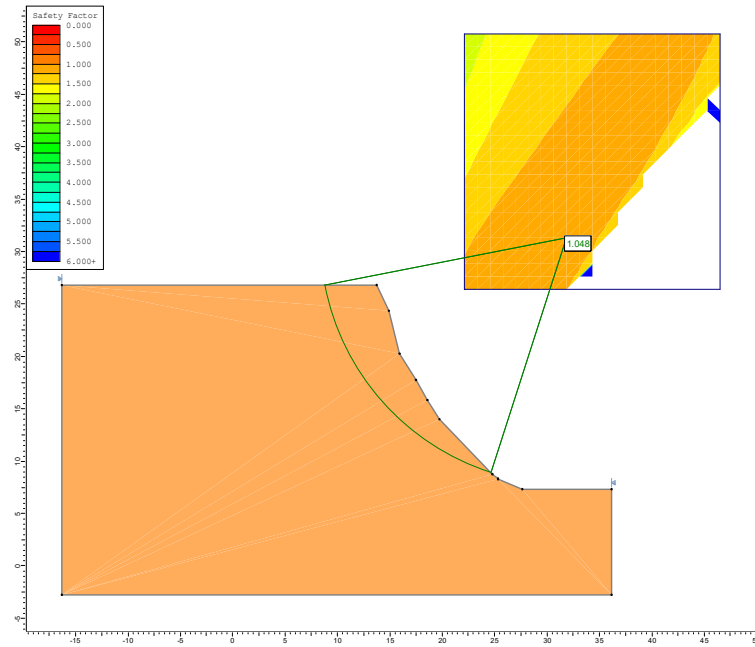


Figura 65. **Resultado del factor de seguridad mediante el método de Janbu simplificado**

Fuente. Elaboración propia.

Según Spencer F.S.=1.091

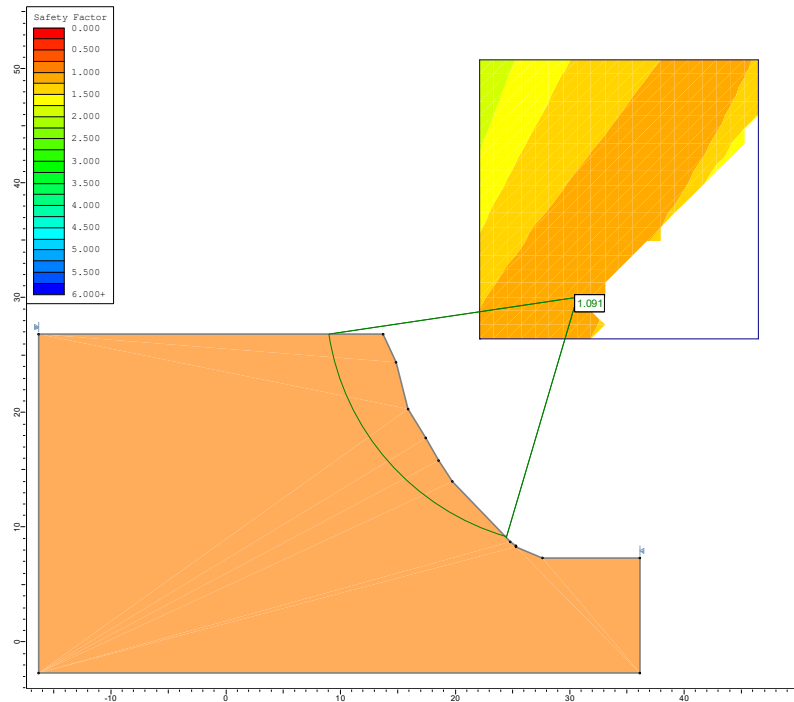


Figura 66. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Spencer

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 15. Resumen de los factores de seguridad determinadas a escala natural con el programa Slide del talud menos crítico.

Método analizado	Talud Natural
	F.S.
Bishop Simplificado	1.094
Janbu Simplificado	1.048
Spencer	1.091

Según los resultados obtenidos, luego del proceso del análisis con la ayuda del programa Slide, obtenemos que los factores de seguridad de valores similares con diferentes métodos que superan a la unidad en decimales lo que significa que se encuentran en límite de colapso ($FS < 1$).

Análisis de la progresiva: Km. 0+220 (talud natural crítico):

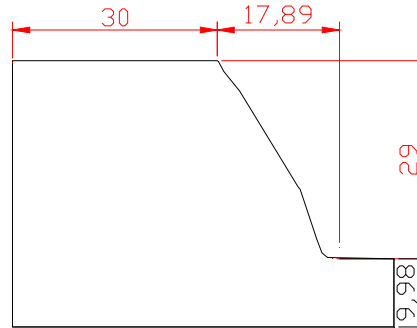


Figura 67. **Sección a escala Real, progresiva Km. 0+220**

Fuente. Elaboración propia.

Según Bishop simplicado F.S.=0.869

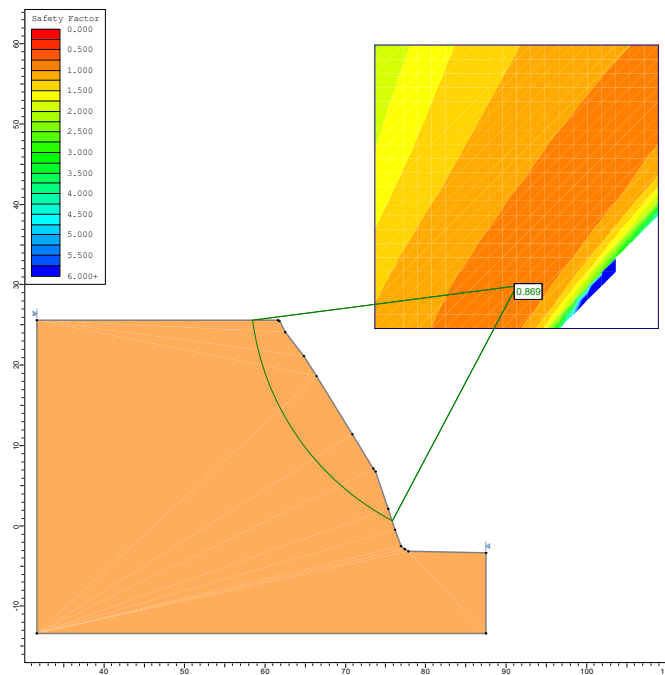


Figura 68. **Resultado del factor de seguridad mediante el método de Bishop simplicado**

Fuente. Elaboración propia.

Según Janbu Simplificado F.S=0.844

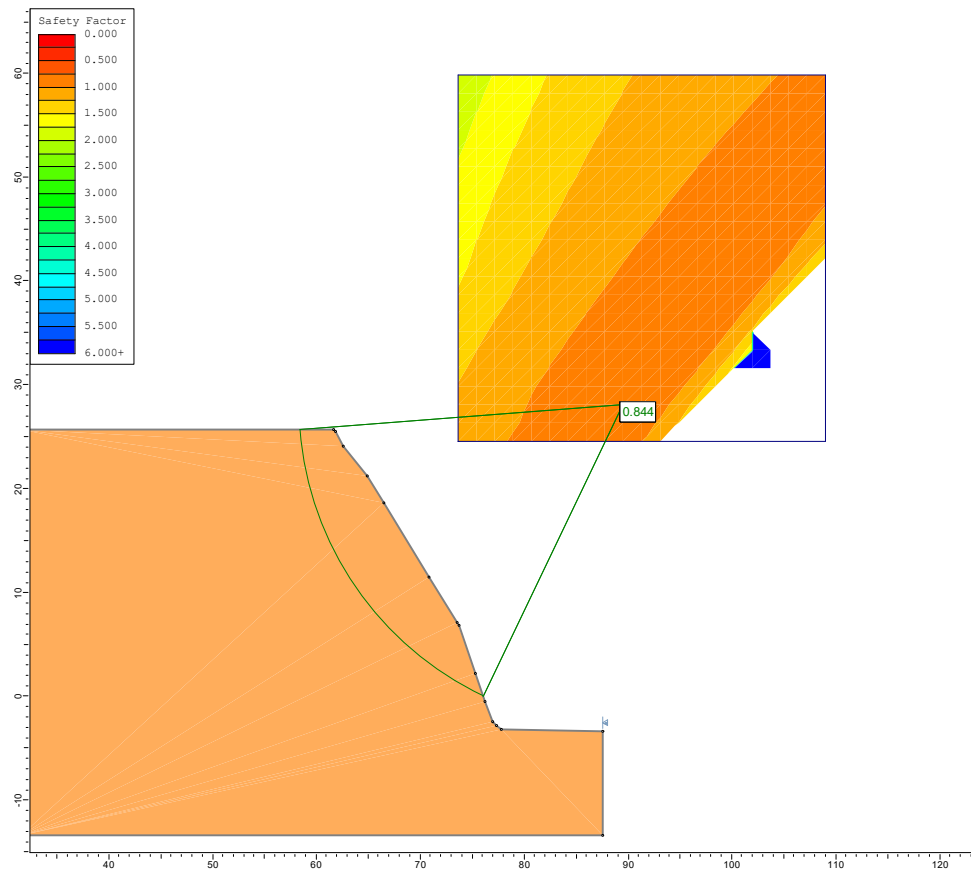


Figura 69. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Janbu simplificado

Fuente. Elaboración propia.

Según Spencer F.S.=0.862

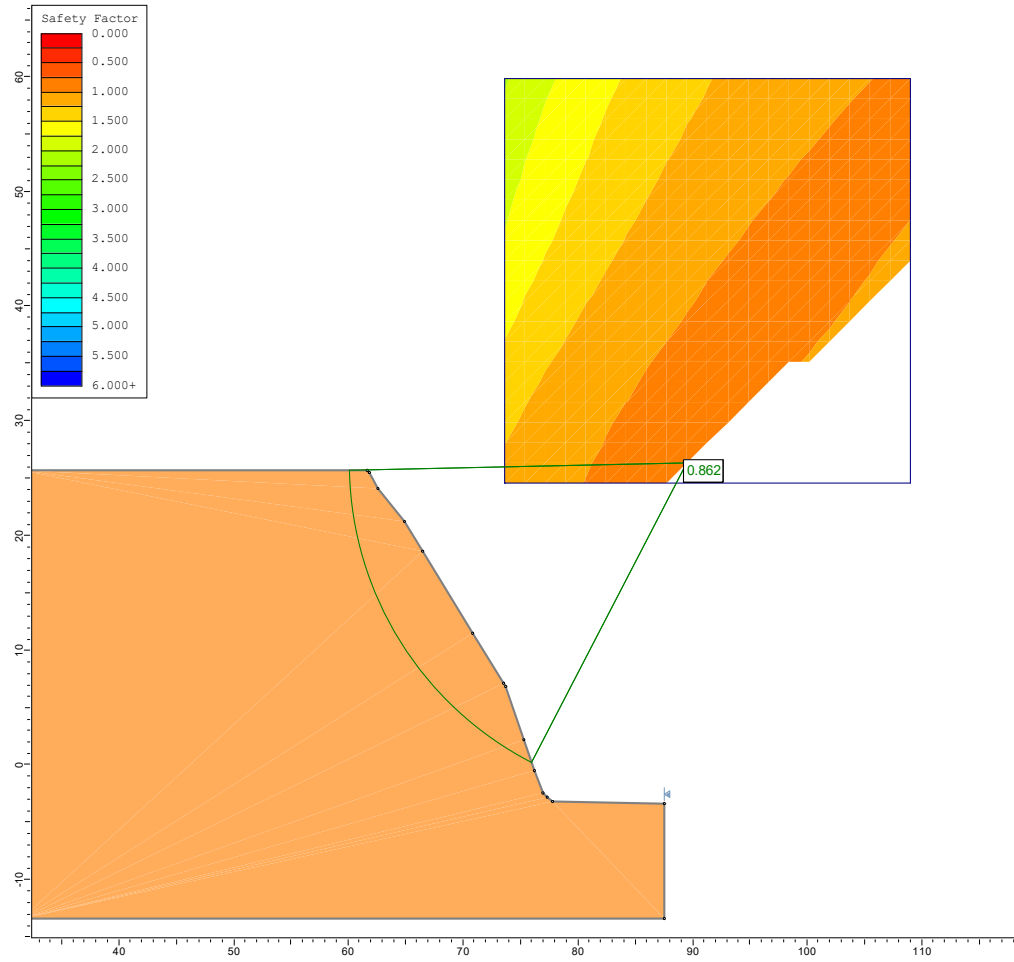
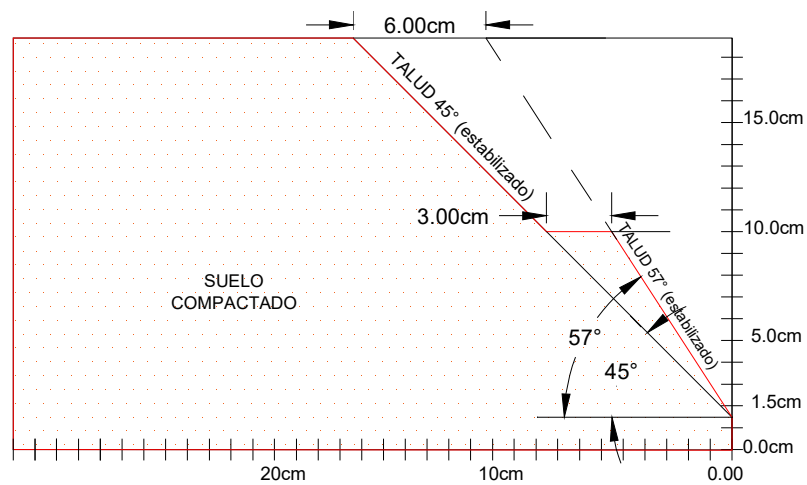


Figura 70. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Spenser

Fuente. Elaboración propia.

b) Análisis del modelo de estabilización de talud a escala reducida (propuesta de talud Estabilizado a escala real).

Se ha analizado mediante el software Slide para determinar el factor de seguridad en cumplimiento del tercer objetivo de la investigación para proponer el método de estabilización con berma o corte de banqueteta, en el caso real, como también para el talud de ensayo a escala reducida que se desarrolla los resultados en la presente investigación.



**Figura 71. Propuesta de la sección de talud a escala Reducida, progresiva
Km. 0+220**

Fuente. Elaboración propia.

Análisis de la progresiva: Km. 0+220 (talud estabilizado):

Según Bishop simplificado F.S.=1.229

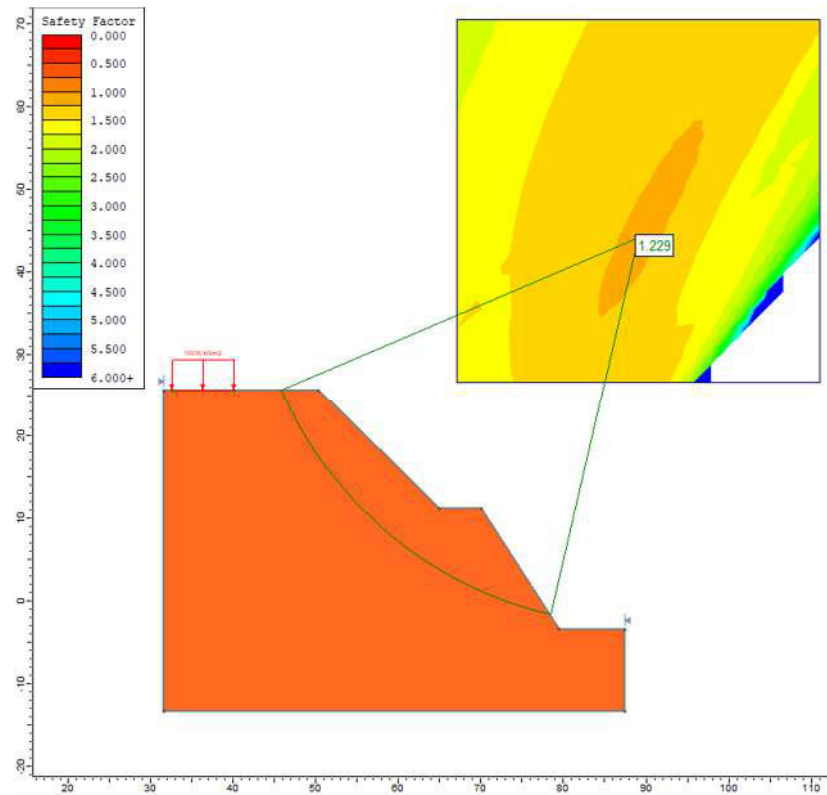


Figura 72. Resultado del factor de seguridad mediante el método de Bishop simplificado

Según Janbu Simplificado F.S=1.151

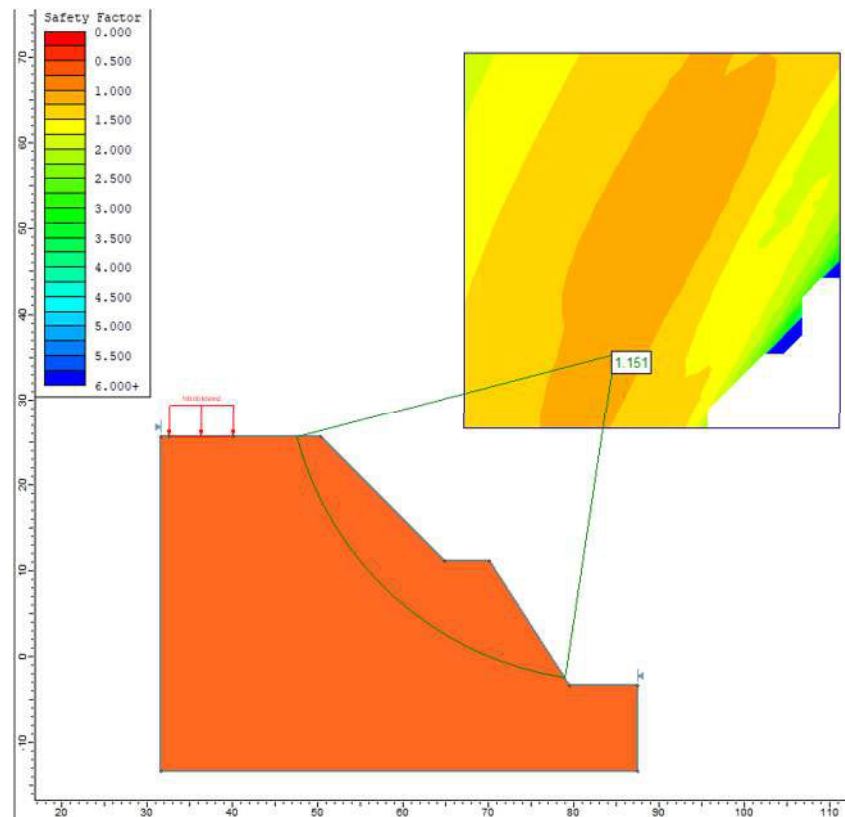


Figura 73. **Resultado del factor de seguridad mediante el método de Janbu simplificado**

Fuente. Elaboración propia.

Según Spencer F.S.=1.223

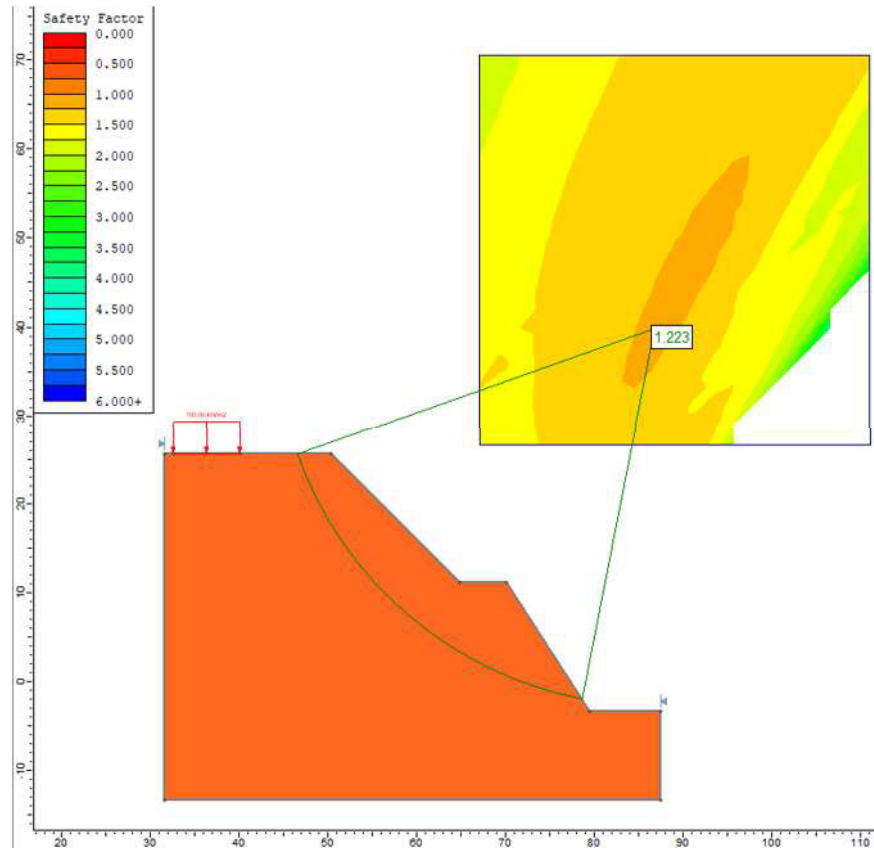


Figura 74. **Resultado del factor de seguridad mediante el método de Spenser**

Fuente. Elaboración propia.

A continuación se tiene un cuadro de resumen de los resultados de la obtención de los factores de seguridad por los diferentes métodos analizados, considerando ambos casos para el talud natural y talud estabilizada.

Cuadro 16. Resumen de los factores de seguridad determinadas a escala natural con el programa Slide.

Método analizado	Talud Natural	Talud Estabilizada
	F.S.	F.S.
Bishop Simplificado	0.869	1.229
Janbu Simplificado	0.844	1.151
Spencer	0.862	1.223

5.3.4 Resultado del proceso de ensayo del talud a escala reducida.

Para el modelo de estabilización de talud a escala reducida se pudo ensayar teniendo en consideración dos aspectos fundamentales, primero la muestra alterada ensayada a escala reducida sometida a carga externa puntual en la parte superior que permita obtener el factor de seguridad en ciertas circunstancias del prototipo construido a escala reducida; el otro aspecto será simular la presencia de humedad o talud saturado en laboratorio, siendo esta el caso más desfavorable que presenta el talud real en el prototipo ensayado el cual permitirá obtener resultado del factor de seguridad empleando el programa Slide con sobrecarga hasta el nivel de falla alcanzada.

Previamente se obtuvieron los siguientes resultados que a continuación se detalla.

a) Obtención de la densidad natural in situ versus la densidad a escala reducida.

Densidad Natural en campo. - Se ha obtenido mediante la densidad natural con el uso del cono de arena.

Densidad en laboratorio. - se ha obtenido mediante los ensayos en las probetas a escala reducida mediante el pesaje de suelo con el contenido de humedad natural y para su comparación en su estado seco.

Esta última se realizó de forma iterativa hasta obtener el más aproximado a la densidad natural al que se encuentre en campo.

Cuadro 17. Determinación del Volumen de cada probeta

Probeta	medidas internas de las probetas			Vp (cm ³)
	Li (cm)	Li (cm)	Hi(cm)	
P-1	33.2	22.2	18.9	13930.06
P-2	33.2	22.2	18.8	13856.35
P-3	33.2	22.3	18.8	13918.77

Cuadro 18. Determinación del peso específico del Talud Natural

Probeta	Vp (cm ³)	Pp+Stn (gr)	Pp (gr)	ω (%)	Wm (gr)	γ (gr/cm ³)
P-1	13930.06	37243.0	9100	8.50%	28143	2.02
P-2	13856.35	34357.0	9106	12.00%	25251	1.82
P-3	13918.77	29727.0	9128	16.00%	20599	1.48

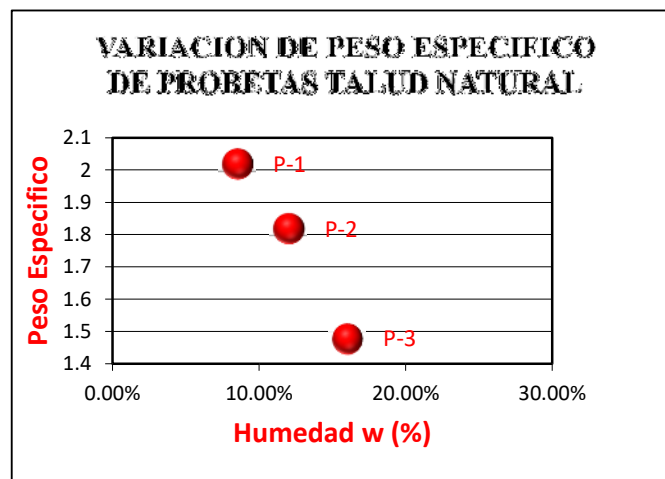


Figura 75. Gráfica de variación del peso específico de probetas talud natural.

Cuadro 19. Determinación del peso específico del Talud estabilizado

Probeta	Vp (cm ³)	Pp+Stn (gr)	Pp (gr)	ω (%)	Wm (gr)	γ_s (gr/cm ³)
P-1	13930.06	37252.5	9100	8.50%	28152.50	2.02
P-2	13856.35	34322.0	9106	12.00%	25216.00	1.82
P-3	13918.77	29840.0	9128	16.00%	20712.00	1.49

Donde:

P-i: probeta

Vp: volumen de probeta

Pp: Peso de probeta

Stn: peso suelo talud natural ó estabilizado

γ_s : peso específico

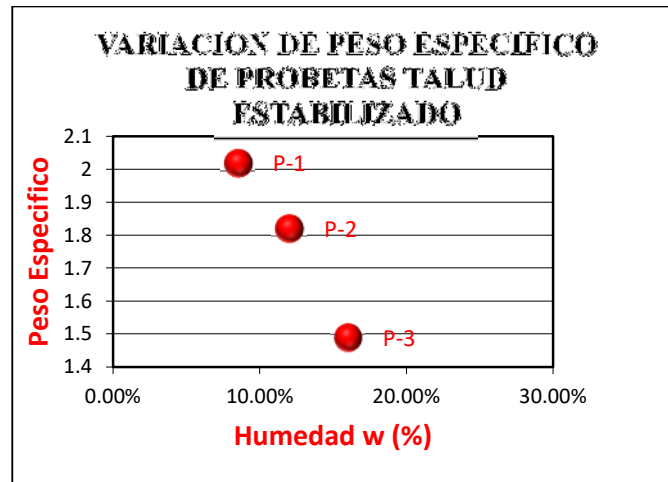


Figura 76. **Grafica de variación del peso específico de probetas talud natural.**

b) Resultados de ensayo de talud a escala reducida.

Según los resultados obtenidos durante el ensayo se puede obtener la carga progresiva versus la deformación del talud, reflejándose en grietas en diferentes partes del modelo de talud natural y modelo de estabilización de talud propuesta.

A continuación se describen los resultados obtenidos para las tres probetas ensayadas en diferentes estados de humedad, con la finalidad de presentar los estados más críticos desde el suelo compacto hasta una humedad con saturación elevada.

Ensayo de Talud Natural a Escala Reducida probeta: P-1.

Cuadro 20. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Natural (P-1).

FUERZA (Kg)	DEFORMACION		
	espacios	pulg.	mm
0	0	0	0
65	10	0.01	0.25
230	24	0.024	0.61
450	35	0.035	0.89
929.1	75	0.075	1.91
1154	85	0.085	2.16
1578.2	100	0.1	2.54
1767.6	103	0.103	2.62
1985.3	107	0.107	2.72

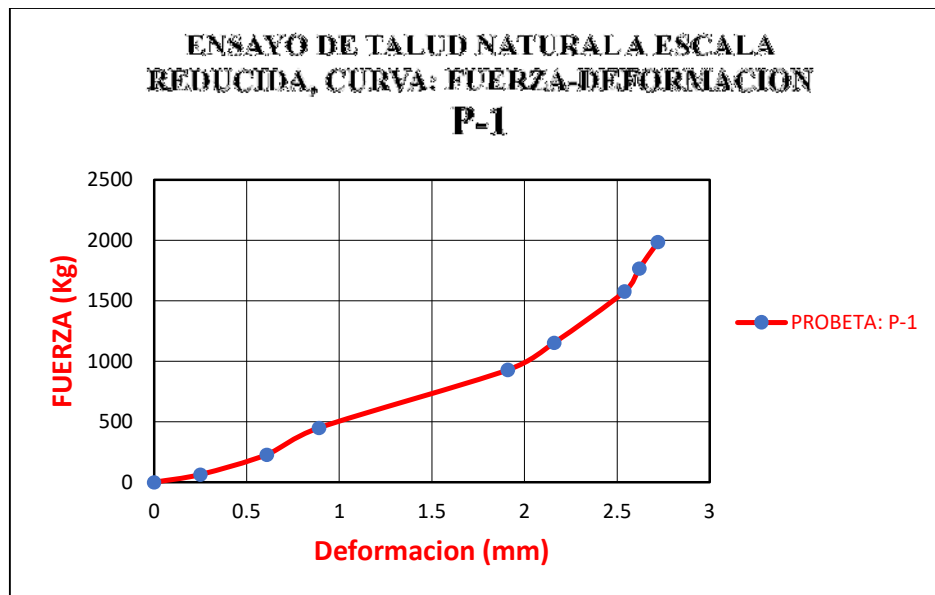


Figura 77. Grafica Fuerza deformación de talud Natural (P-1) a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia

Ensayo de Talud Natural a Escala Reducida probeta: P-2.

Cuadro 21. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Natural (P-2).

FUERZA (Kg)	DEFORMACION		
	espacios	pulg	mm
0	0	0	0
77	25	0.025	0.64
153.9	50	0.05	1.27
277.9	80	0.08	2.03
367.6	100	0.1	2.54
480	120	0.12	3.05
570	140	0.14	3.56
860	200	0.2	5.08
990	230	0.23	5.84

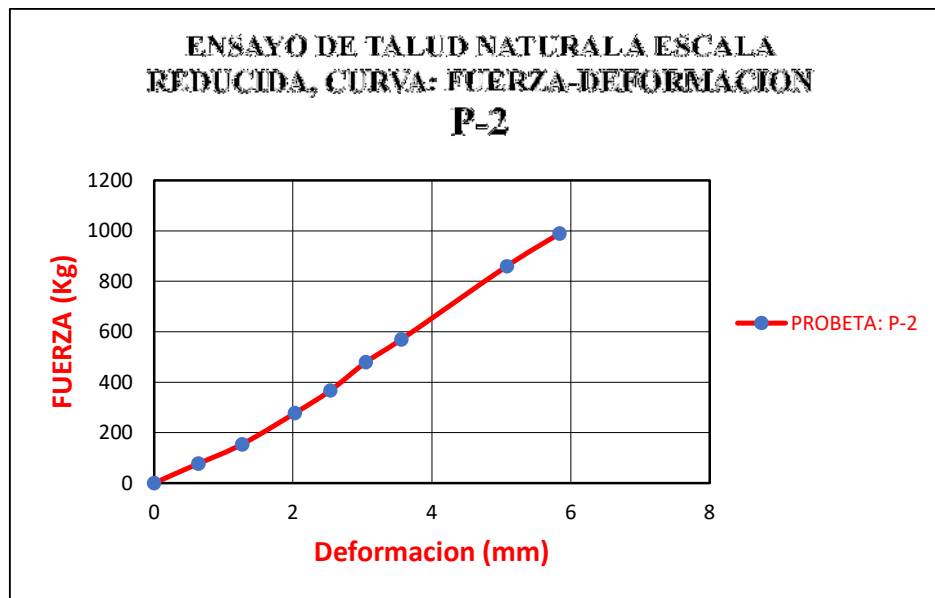


Figura 78. Grafica Fuerza deformación de talud Natural (P-2) a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia

Ensayo de Talud Natural a Escala Reducida probeta: P-3.

Cuadro 22. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Natural (P-3).

FUERZA (Kg)	DEFORMACION		
	espacios	pulg	mm
0	0	0	0
15	7	0.007	0.18
47.5	23	0.023	0.58
123	67	0.067	1.7
205	105	0.105	2.67
238	120	0.12	3.05
270	150	0.15	3.81
298	199	0.199	5.05
312	220	0.22	5.59

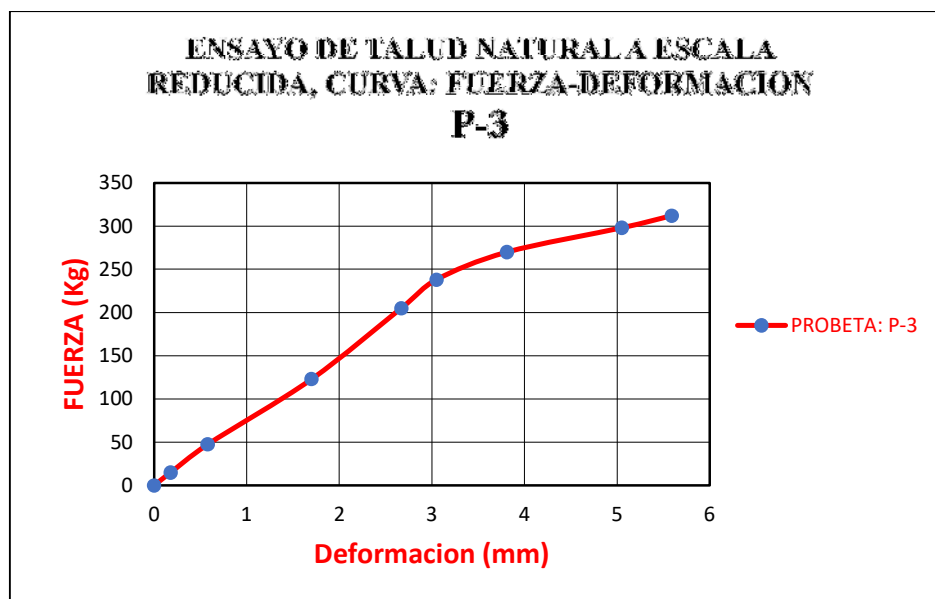


Figura 79. **Grafica Fuerza deformación de talud Natural (P-3) a escala reducida.**

Fuente. Elaboración propia

Ensayo de Talud Estabilizado a Escala Reducida probeta: P-1.

Cuadro 23. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Estabilizado (P-1).

FUERZA (Kg)	DEFORMACION		
	espacios	pulg	mm
0	0	0	0
127	25	0.025	0.64
693	50	0.05	1.27
1353	75	0.075	1.91
1679	100	0.1	2.54
1950	120	0.12	3.05
2100	140	0.14	3.56
2365	200	0.2	5.08
2420	230	0.23	5.84
2500	250	0.25	6.35
2665	300	0.3	7.62

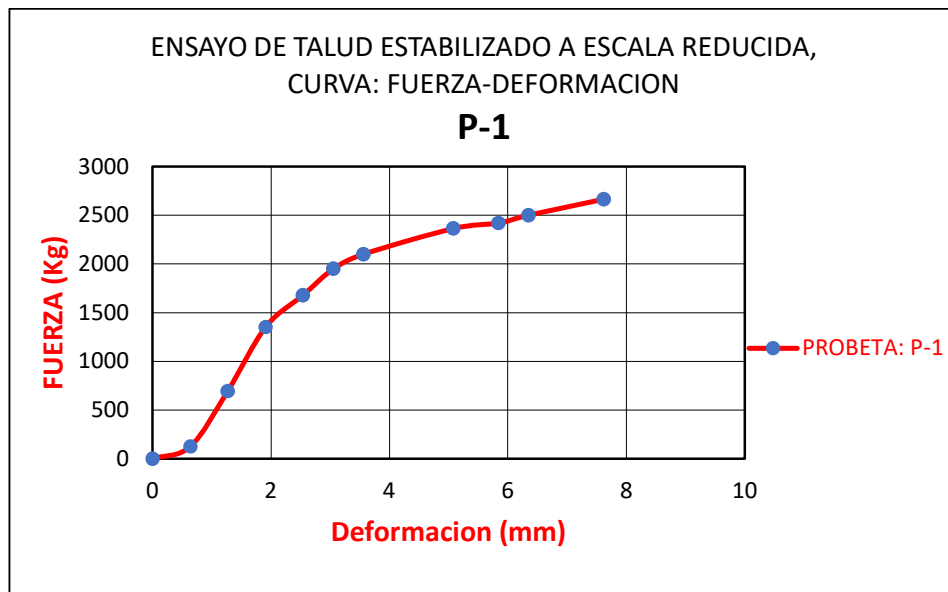


Figura 80. Grafica Fuerza deformación de talud Estabilizado (P-1) a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia

Ensayo de Talud Estabilizado a Escala Reducida probeta: P-2.

Cuadro 24. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Estabilizado (P-2).

FUERZA (Kg)	DEFORMACION		
	espacios	pulg	mm
0	0	0	0
40	25	0.025	0.64
64.2	50	0.05	1.27
88.2	75	0.075	1.91
114.1	100	0.1	2.54
254	200	0.2	5.08
413.6	300	0.3	7.62
589	400	0.4	10.16
723	500	0.5	12.7
780	550	0.55	13.97

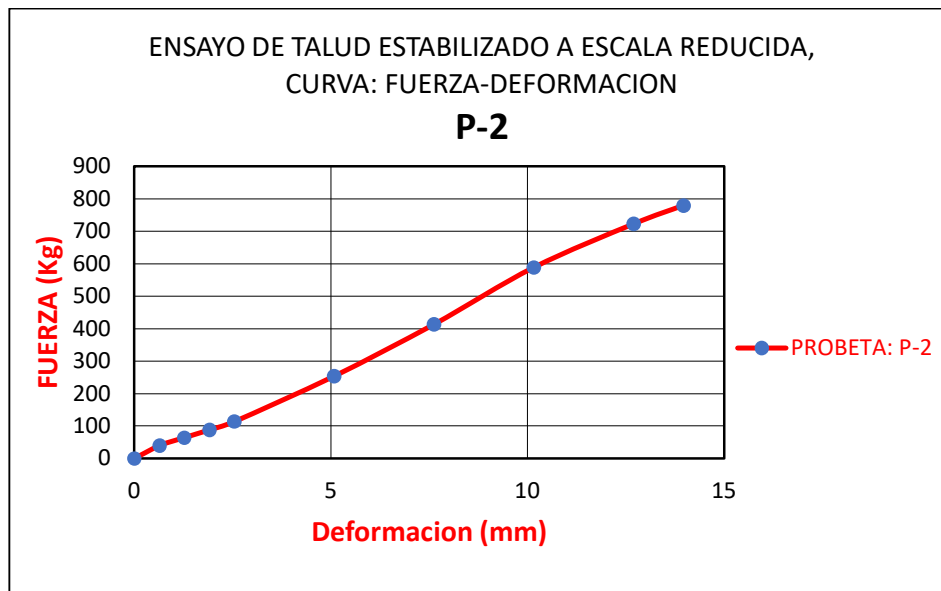


Figura 81. **Grafica Fuerza deformación de talud Estabilizado (P-2) a escala reducida.**

Fuente. Elaboración propia

Ensayo de Talud Estabilizado a Escala Reducida probeta: P-3.

Cuadro 25. Ensayo Fuerza Determinación del Talud Estabilizado (P-3).

FUERZA (Kg)	DEFORMACION		
	espacios	pulg	mm
0	0	0	0
7.5	25	0.025	0.64
16.8	50	0.05	1.27
25.3	75	0.075	1.91
33.6	100	0.1	2.54
74.3	200	0.2	5.08
123.7	300	0.3	7.62
179.6	400	0.4	10.16
233.1	500	0.5	12.7
280	600	0.6	15.24
370	700	0.7	17.78

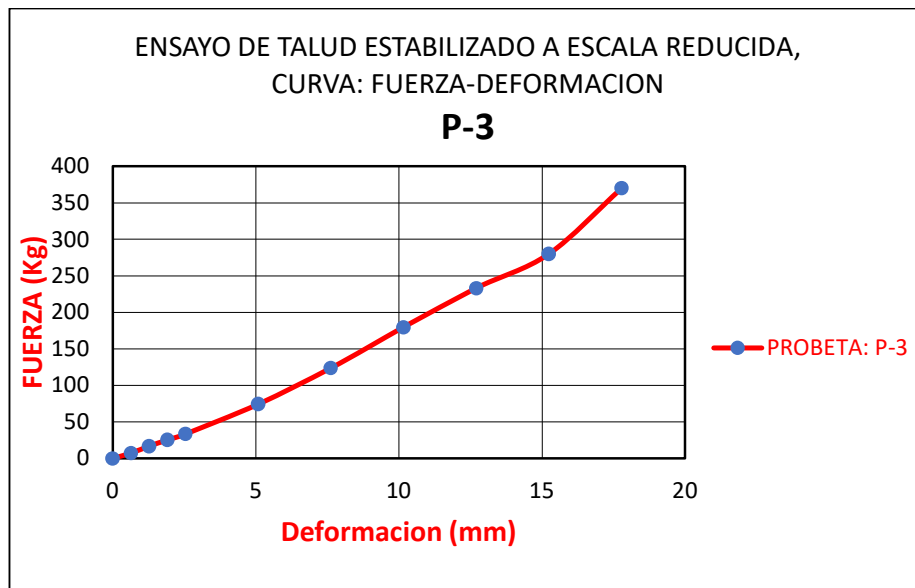


Figura 82. **Gráfica Fuerza deformación de talud Estabilizado (P-3) a escala reducida.**

Fuente. Elaboración propia

- c) **Registros de Agrietamientos de los taludes a escala reducida ensayado.**

Los registros se han tomado después de las roturas o agrietamientos de los taludes en estado natural y talud estabilizado haciendo el uso de un vernier.

Registro de Grietas del talud Natural ensayado: P-1, P-2, P-3.

según la verificación de las grietas luego del ensayo en laboratorio, se puede verificar que los tres modelos o probetas a escala reducida tuvieron similares grietas en cuanto a su ubicación y forma, las cuales se detallan a continuación.

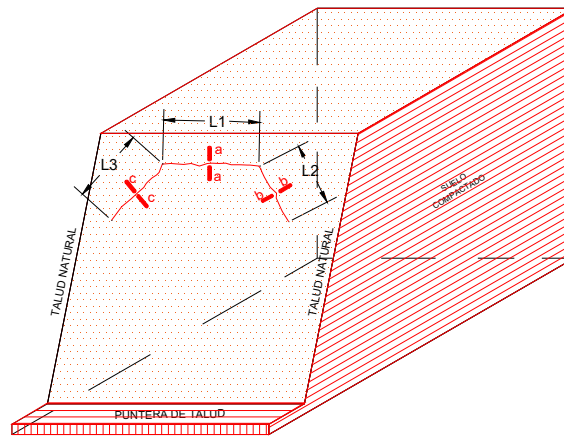


Figura 83. Vista isométrica del modelo talud natural Ensayada a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia

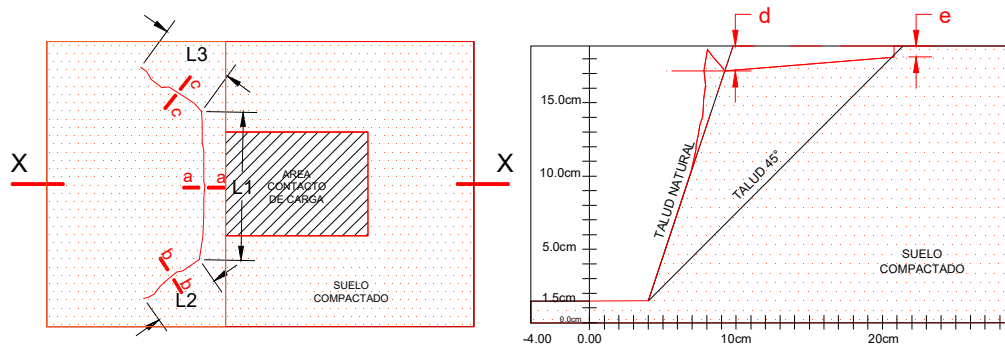


Figura 84. Vista en planta y corte X-X, del modelo talud natural Ensayada a escala reducida.

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 26. Resumen de registro de grietas de los modelos luego del ensayo.

Probeta	Espesor de grietas			Deformación Vertical		Longitud de grietas		
	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)
P-1	4.00	3.00	2.50	5.50	5.00	90.00	75.00	85.00
P-2	7.31	4.95	5.34	11.50	7.00	90.00	99.24	70.00
P-3	2.82	1.47	1.47	8.00	3.50	73.04	68.01	64.65

Registro de Grietas del talud Estabilizado ensayado: P-1, P-2, P-3.

A continuación se detalla cuanto se desplaza o penetra la carga vertical sobre cada talud estabilizado a escala reducida, y los agrietamientos que se muestran en cada probeta.

Cuadro 27. Resumen de registro de desplazamiento vertical total o penetración de la carga en cada probeta de ensayo.

Probeta	Espesor de grietas (mm)	
	d (mm)	e (mm)
P-1	6.50	3.50
P-2	13.50	8.10
P-3	19.50	18.00

Cuadro 28. Resumen de registro de grietas de los modelos estabilizados luego del ensayo.

Grietas	Probetas Ensayadas					
	P-1		P-2		P-3	
	ancho	long.	ancho	long.	ancho	long.
f1	3.2	137.44	2.53	250.47	2	193.62
f2	0.62	33.45	0.34	92.08	0.56	41.59
f3	0.44	80.71	0.33	100.94	0.38	31.41
f4	0.23	43.11	0.39	78.62	0.4	48.08
f5	0.56	55.23	0.35	28.34	0.28	50.9
f6	0.62	37.03	0.55	133.24	0.31	29.66
f7	0.72	55.15	0.29	21.78	0.96	77.03
f8	0.35	32.5	0.46	68.42	1.62	90.76
f9	0.5	112.49	0.33	38.4	0.73	83.78
f10	0.42	27.97	--	--	0.42	33.87
f11	0.36	32.83	--	--	0.39	54.39
f12	0.43	51.54	--	--	0.29	36.45

Registro de Grietas del talud estabilizado ensayado: P-1.

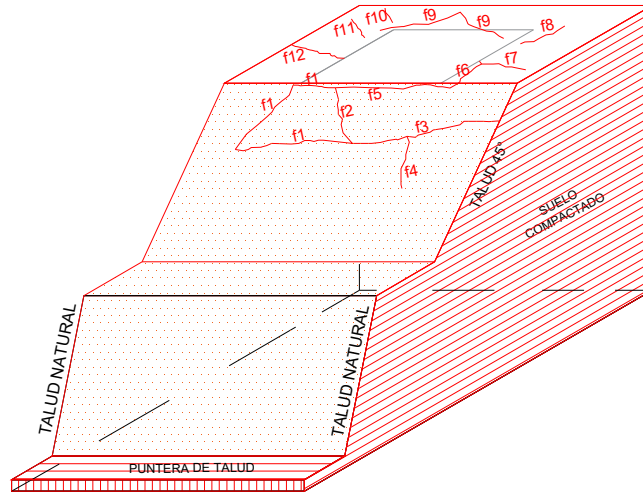


Figura 85. **Vista isométrica del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-1).**

Fuente. Elaboración propia

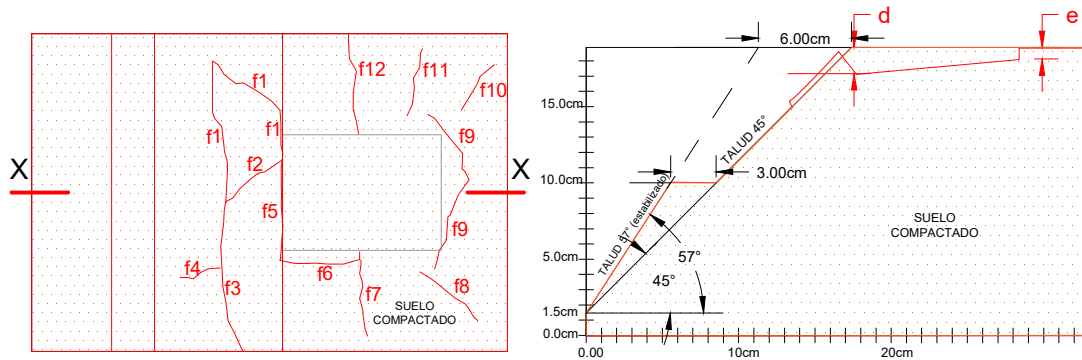


Figura 86. **Vista en planta y corte X-X, del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-1).**

Fuente. Elaboración propia

Registro de Grietas del talud estabilizado ensayado: P-2.

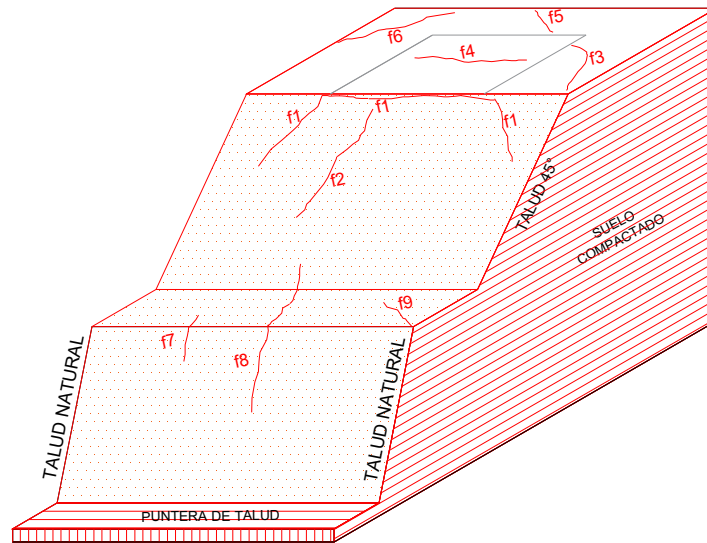


Figura 87. **Vista isométrica del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-2).**

Fuente. Elaboración propia

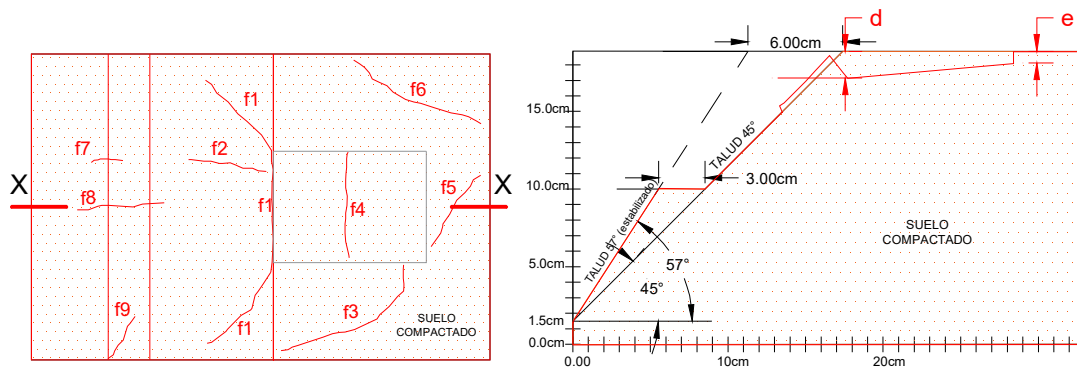


Figura 88. **Vista en planta y corte X-X, del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-2).**

Fuente. Elaboración propia

Registro de Grietas del talud estabilizado ensayado: P-3.

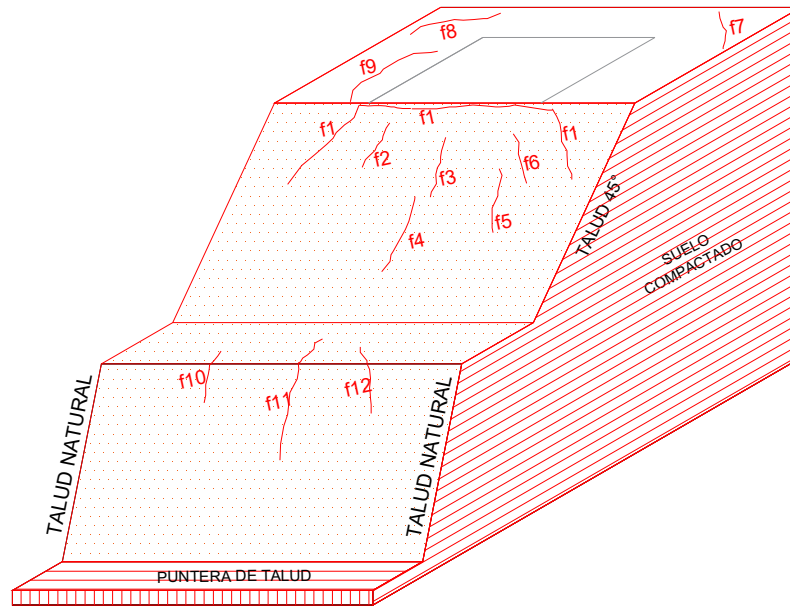


Figura 89. Vista isométrica del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-3).

Fuente. Elaboración propia

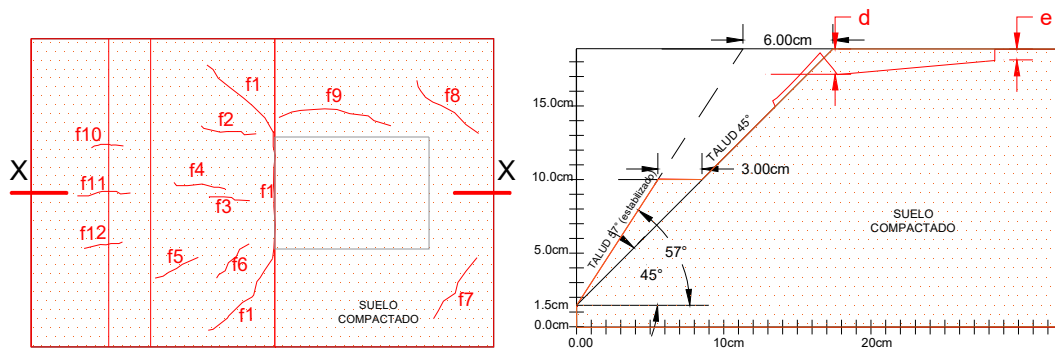


Figura 90. Vista en planta y corte X-X, del modelo talud Estabilizado Ensayada a escala reducida (P-3).

Fuente. Elaboración propia

5.3.5 Discusión final de Resultados Obtenidos.

5.3.5.1 Del desarrollo de la Caracterización Geotécnica del tramo Km. 0+000 – 0+292.

5.3.5.1.1 Según ensayos estándar.- De la calicata C-01 no tiene índice de plasticidad; de los tres ensayos realizados según la clasificación de suelos AASTHO el tipo de suelo es granular, y tiene clasificación de suelos A-2 para las calicatas C-02 y C-03. El suelo finalmente con codificación A-1-a (0); A-2-6 (0); A-2-6 (0), respectivamente para las tres calicatas investigadas.

De la clasificación SUCS, genéricamente las tres calicatas según la característica Cc son suelos mal graduados, siendo suelos gruesos, con simbología normal; se obtuvo que las calicatas investigadas C-02 y C-03 son similares según SUCS con simbología SM, SC y GM, GC., y para la C-01 es de simbología GM, GC.

5.3.5.1.2 Según ensayos especiales.- según la investigación las calicatas C-02 y C-03 obtuvieron resultados similares en cuanto a densidad seca máxima de 2.04 T/m³ y 2.05T/m³ respectivamente, con contenidos de humedad de 8.41% y 8.53%, por ello la similitud en cuanto a sus resultados.

Por otro lado se han obtenido resultados mediante el ensayo de corte directo, obteniéndose la cohesión del material siendo muy baja en valor de 17.65kN/m², y el ángulo de fricción de 32.31°.

El valor del ángulo de fricción es razonable por la compacidad que muestra en el terreno natural o en su estado compactado natural, con la ayuda del peso específico de 1.71 gr/cm³ que es un valor obtenido razonable de los materiales del tramo investigado.

5.3.5.2 Discusión del análisis de talud según la caracterización geotécnica de los resultados, del tramo Km. 0+000 – 0+292.

Según el análisis de talud más crítico del Km. 0+000 al 0+292, que fue analizado específicamente en el Km. 0+220, donde inicialmente mostraba un talud de 1:3 (H:V), una altura de 29.00m.

En el tramo analizado de la investigación no presenta nivel freático, por otro lado el perfil natural tiende a un ángulo de inclinación de 72° (ver figura 48)

Para la obtención de la cohesión de los suelos y el ángulo de fricción fue necesario el valor obtenido con los ensayos estándar.

Los pesos específicos verificados tanto en laboratorio e in situ son coincidentes, así como su humedad natural, estos valores fueron determinados con la finalidad de determinar la compactación de las probetas en laboratorio tanto para representar el talud natural, y el talud estabilizado.

Es importante denotar que la variación encontrada en cuanto a la humedad y el peso específico para las diferentes probetas realizadas que son variables, cuanto mayor es el contenido de humedad se obtiene menor peso específico, estos valores fueron comprobados en los diferentes ensayos de talud natural y estabilizado.

Los factores de seguridad obtenidos y analizadas por el método de equilibrio limite en el tramo **menos crítico** del talud natural por el método Bishop Simplificado F.S=1.094, Janbu Simplificado F.S=1.048, Spencer F.S=1.091, siendo el más conservador el método de Janbu Simplificado, sin embargo el promedio de los tres métodos es 1.077, por tanto es mayor a la unidad, es por ello considerado el talud menos crítico.

Los factores de seguridad obtenidos y analizadas por el método de equilibrio limite en el **tramo más crítico** del talud natural por el método Bishop Simplificado F.S=0.86

9, Janbu Simplificado F.S=0.844, Spencer F.S=0.862, siendo el más conservador el método de Janbu Simplificado, sin embargo el promedio de los tres métodos es 0.86.

Del modelo de las probetas ensayadas del talud natural a escala reducida se obtuvo las diferencias de las curvas correspondientes al ensayo de fuerza versus la deformación, la cual se puede ver en la siguiente figura 91.

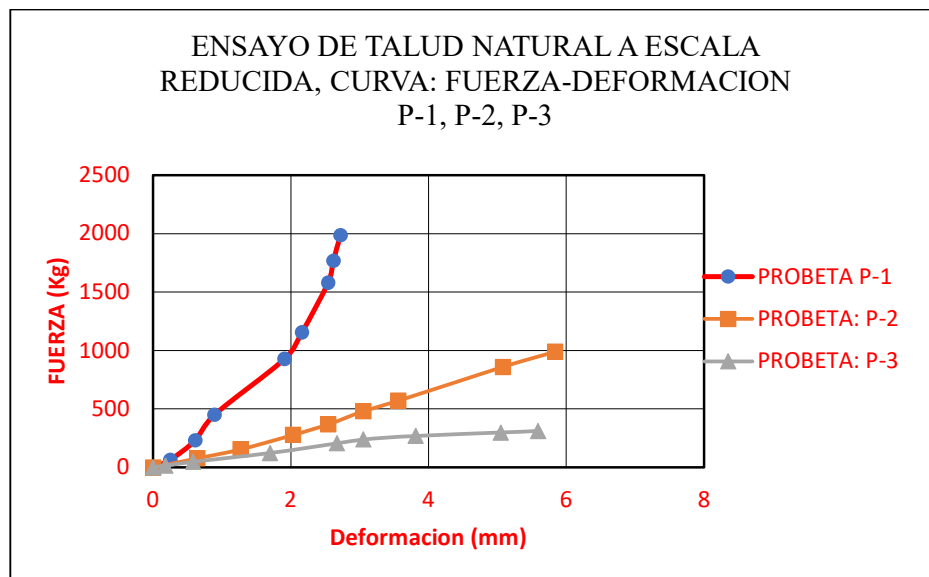


Figura 91. **Superposición de curvas de las probetas ensayadas del talud Natural.**

De la figura 91, se puede concluir que la deformación mínima ocurre para la probeta P-1, porque tiene la máxima densidad $\gamma=2.02\text{gr/cm}^3$, con un contenido de humedad óptimo 8.50%, en comparación de las demás probetas P-2 y P-3, las densidades son menores de 1.82gr/cm^3 y 1.48gr/cm^3 respectivamente, por contener mayor contenido de humedad de 12% y 16% respectivamente.

Según el análisis que se tiene, se puede observar que, la mayor fuerza alcanzada se da en la probeta P-1, lo que corresponde a la fuerza máxima

alcanzada hasta la carga final de 1985.30Kg. siendo la carga inicial desde 0.0 kg.

Según los análisis obtenidos luego del ensayo de carga, se tiene grietas de longitud máximas para cada probeta de 250mm, 259.24mm, 205.70mm para las probetas P-1, P-2, P-3, respectivamente; y con espesores variables de grieta, con mayor abertura en la parte superior (corte a-a) de 4mm, 7.31mm, 2.82mm, respectivamente; y por ende con una deformación vertical promedio de 5.50mm, 11.50mm, 8.0mm, respectivamente (según la verificación de la deformación vertical se tiene una inclinación de la base de la plataforma que recibe la carga del CBR porque se ubica en un extremo al borde del talud); estos valores mencionados corresponden luego de la aplicación de la carga progresiva final cuando falla el talud “Qf”. Tal como se tiene detallada en el siguiente cuadro.

Cuadro 29. Resultados de Grietas, deformación versus carga máxima de ensayo.

PROBETA	#Fi	Qf (kg)	e max. (mm)	δp (mm)	Lmax. (mm)
P-1	3	1985.3	4.00	5.50	250.00
P-2	3	990	7.31	11.50	259.24
P-3	3	312	2.82	8.00	205.70

Donde:

#Fi : cantidad de fisuras de cada probeta

Qf : carga final máxima del ensayo producido en laboratorio (kg).

e_{max.} : espesor máximo alcanzado en cada grieta luego del ensayo de carga máxima (mm).

δp : deformación vertical máxima promedio alcanzada (mm)

L_{max.}: longitud máxima de las fisuras de cada probeta (mm)

5.3.5.3 Discusión del modelo de estabilización de talud a escala reducida, según la caracterización geotécnica obtenida, del tramo Km. 0+000 – 0+292.

Al igual que para análisis del talud natural se ha analizado el talud más crítico del Km. 0+000 al 0+292.

El perfil escogido fue luego de una interacción de cortes de talud con las consideraciones de ángulos diferentes respecto a la horizontal, la primera banqueta a 57° con 3 metros de banqueta, a una altura intermedia del talud total que representa la altura para el caso real y ajustada al tipo de probeta utilizada que sirvió para ensayar según las condiciones de espacio aplicación de la carga por el equipo de CBR, por otro lado también según la conformación de talud manualmente y adecuado a las herramientas utilizadas, y la segunda baqueta a 45° para la banqueta natural del nivel del terreno natural (nivel superior de las probetas). (ver figura 70)

Los factores de seguridad obtenidos y analizadas por el método de equilibrio limite en el tramo más crítico del talud estabilizado por el método Bishop Simplificado es $F.S=1.229$, Janbu Simplificado $F.S=1.151$, Spencer $F.S=1.223$, siendo el más conservador el método Janbu Simplificado, sin embargo el promedio de los tres métodos es 1.20, este valor es aceptable según la experiencia y los autores estudiados en la presente investigación.

Del modelo de las probetas ensayadas del talud estabilizado a escala reducida se obtuvo las diferencias de las curvas correspondientes al ensayo de fuerza versus deformación, la cual se puede ver en la siguiente figura 92.

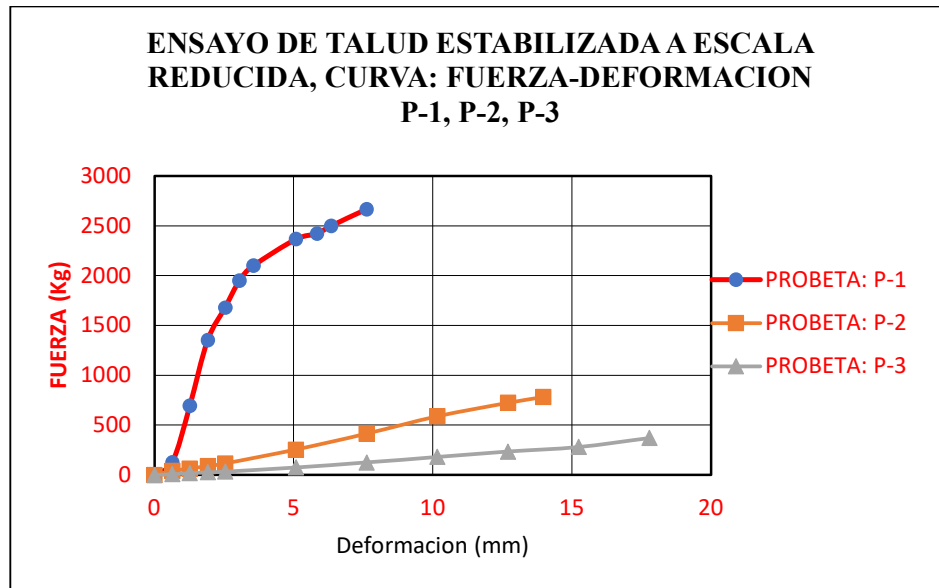


Figura 92. **Superposición de curvas de las probetas ensayadas del talud estabilizado.**

De la figura 92, se puede concluir que la deformación mínima ocurre para la probeta P-1, con el mismo criterio la explicación realizada para el talud natural.

Según el análisis que se tiene se puede observar que, la mayor fuerza alcanzada se da en la probeta P-1, al igual que el ensayo del talud natural, lo que corresponde a la fuerza máxima alcanzada hasta la carga final de 2665Kg. siendo la carga inicial desde 0.0 kg.

Según los análisis obtenidos luego del ensayo de carga al talud estabilizado, se tiene grietas gran cantidad de fisuras a comparación del talud natural, obteniéndose 12 fisuras para las probetas P-1 y P-3, y 9 fisuras para la probeta P-2; longitud máximas para cada probeta de 137.44mm, 250.47mm, 193.62mm para las probetas P-1, P-2, P-3 respectivamente; y con espesores variables de grieta con valores máximos de 3.20mm para P-1, 2.53mm para P-2, 2mm para P-3; con deformación vertical máxima promedio de 6.5mm, 13.50mm, 19.50mm respectivamente (según la verificación de la deformación vertical se tiene

una inclinación de la base de la plataforma que recibe la carga del CBR porque se ubica en un extremo al borde del talud estabilizado); estos valores mencionados corresponden luego de la aplicación de la carga cuando se produce la falla final “Qf”. Tal como se tiene detallada en el siguiente cuadro.

Cuadro 30. Resultados de Grietas, deformación versus carga máxima de ensayo.

PROBETA	#Fi	Qf (kg)	$e_{max.}$ (mm)	δp (mm)	Lmax. (mm)
P-1	12	2665	3.20	6.50	137.44
P-2	9	780	2.53	13.50	250.47
P-3	12	370	2.00	19.50	193.62

Donde:

#Fi : cantidad de fisuras de cada probeta.

Qf : carga final máxima del ensayo producido en laboratorio (kg).

$e_{max.}$: espesor máximo alcanzado en cada grieta luego del ensayo de carga máxima (mm).

δp : deformación vertical máxima promedio alcanzada (mm).

Lmax.: longitud máxima de las fisuras de cada probeta (mm).

5.3.5.4 Discusión de la determinación del factor de seguridad de talud, versus el factor de seguridad del modelo ensayado a escala reducida, del tramo Km. 0+000 – 0+292.

a) Variación de los factores de seguridad del talud natural y estabilizada.

Según los análisis del talud natural y talud estabilizada mediante los métodos analizados tanto como el Bishop Simplificado, Janbu Simplificado, y Spencer se tiene el siguiente análisis en el cuadro siguiente:

Cuadro 31. Análisis de % variación de los taludes Natural y Estabilizada.

Método analizado	Talud Natural	Talud Estabilizada	% Variación TN & TE	% Variación Promedio
	F.S.	F.S.		
Bishop Simplificado	0.869	1.229	141.00%	140.00%
Janbu Simplificado	0.844	1.151	136.00%	
Spencer	0.862	1.223	142.00%	
PROMEDIO	0.860	1.200		

Donde:

F.S. : factor de seguridad.

TN : talud natural.

TE : talud estabilizado.

Del cuadro 31, se puede observar la variación del factor de seguridad del talud natural y talud estabilizado de los diferentes métodos, teniendo como promedio de factor de seguridad Natural F.S.=0.86, y del talud estabilizada el factor de seguridad F.S.=1.20, siendo un valor que se encuentra en el límite por tanto es considerado como estable el talud propuesto según las teorías estudiadas y las experiencias, con porcentaje de variación promedio de 40% entre el talud Natural y el talud estabilizado.

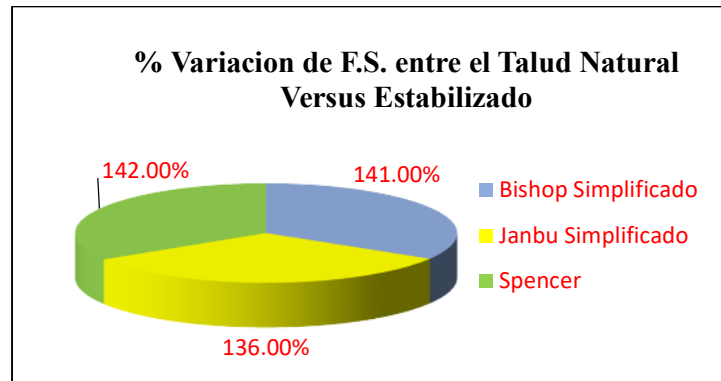


Figura 93. **Porcentaje de Variación del F.S. entre el talud Natural versus talud Estabilizado.**

Para determinar el área de apoyo a escala reducida que simula a la base de cimentación de una edificación por metro cuadrado, para el caso del ensayo se ha considerado una plancha de apoyo de acero $e=4.5\text{mm}$.

b) Determinación de incrementos de las fuerzas durante el ensayo del talud natural.

A continuación se tiene los resultados de porcentaje de variación a partir del ensayo de carga efectuada en laboratorio:

Cuadro 32. Variación de carga de ensayo en % para talud natural.

PROBETA: P-1			PROBETA: P-2			PROBETA: P-3		
Fuerza (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	Fuerza (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	Fuerza (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL
0	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
65	3.27%	3.27%	77.00	7.78%	7.78%	15.00	4.81%	4.81%
230	11.59%	8.31%	153.90	15.55%	7.77%	47.50	15.22%	10.42%
450	22.67%	11.08%	277.90	28.07%	12.53%	123.00	39.42%	24.20%
929.1	46.80%	24.13%	367.60	37.13%	9.06%	205.00	65.71%	26.28%
1154	58.13%	11.33%	480.00	48.48%	11.35%	238.00	76.28%	10.58%
1578.2	79.49%	21.37%	570.00	57.58%	9.09%	270.00	86.54%	10.26%
1767.6	89.03%	9.54%	860.00	86.87%	29.29%	298.00	95.51%	8.97%
1985.3	100.00%	10.97%	990.00	100.00%	13.13%	312.00	100.00%	4.49%

c) Variación de la resistencia desde la carga de falla hasta la carga final del talud natural.

Cuadro 33. Variación de resistencia durante la falla del talud Natural.

Probeta	Q _i (kg)	Q _{falla} (kg)	Q _f (kg)	Q _{df} (kg)	γ (g/cm ³)	% variación de Peso específico	% variación de resistencia
P-1	0	1578.2	1985.3	407.10	2.02	100%	21.00%
P-2	0.00	570.00	990.00	420.00	1.82	90%	42.00%
P-3	0.00	205.00	312.00	107.00	1.48	81%	34.00%

Donde:

Q_i : Carga inicial de ensayo.

Q_{falla} : Carga cuando inicia la falla durante el proceso del ensayo (muestra las primeras grietas)

Q_f : Carga final máxima del ensayo producido en laboratorio (kg).

Q_{df} : Carga producida de ensayos durante la falla ó presencia de fisuramientos (kg).

γ : Peso específico del material según ensayos estándar.

La resistencia del talud se refleja en él % de variación de peso específico del material que fue contrastado en laboratorio mediante los ensayos estándar y los pesos obtenidos de las probetas de ensayo del suelo compactado.

Así mismo se puede ver las variaciones en % de las resistencias de los taludes de ensayo, de las tres probetas ensayadas para la probeta P-1 es de 21%, P-2 es de 42%, P-3 es de 34%, siendo las variaciones de resistencias ocurridas durante el ensayo desde el momento que ocurre la falla hasta la carga final del ensayo.

Para mayor entendimiento se ilustra la gráfica del análisis de las cargas en cada punto de análisis carga inicial "Q_i", carga de cuando inicia la falla "Q_{falla}", hasta la carga final de ensayo "Q_f". Se puede ver en dicha grafica la variación de las tres probetas, que P-1 es superior a P-2 y está siendo

superior a P-3, que es producto de la variación de la densidad de cada probeta.

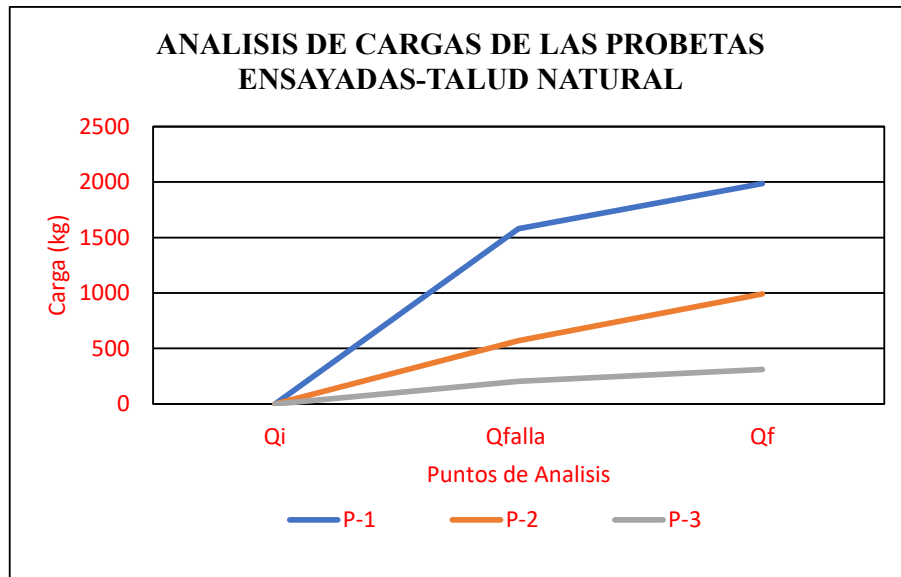


Figura 94. Gráfico del análisis de cargas de las probetas ensayadas-Talud natural.

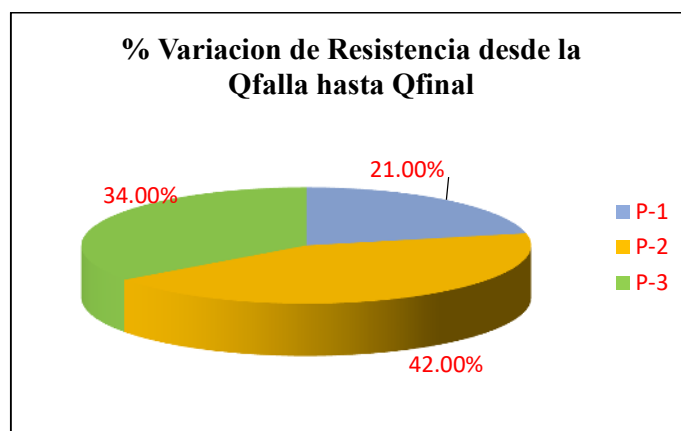


Figura 95. Gráfico del % de resistencia desde la carga de falla hasta la carga final de ensayo -Talud natural.

d) Variación de la resistencia desde la carga de falla hasta la carga final del talud natural.

Seguidamente se tiene la variación de esfuerzos sobre la carga:

- Se aplica la siguiente fórmula para determinar los esfuerzos producidos respecto a la carga de ensayo sobre el área de apoyo que simula la base de la cimentación de la sobre carga aplicada, a escala reducida 1/200, con la aplicación de la siguiente formula.

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

Cuadro 34. Esfuerzo producido durante la carga de ensayo, caso real para el talud Natural.

PROBETA: P-1			PROBETA: P-2			PROBETA: P-3		
ESFUERZO (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	ESFUERZO (kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	ESFUERZO (kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL
0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
7386.36	6.55%	6.55%	8750.00	7.78%	7.78%	1704.55	4.81%	4.81%
13068.18	11.59%	5.04%	17488.64	15.55%	7.77%	5397.73	15.22%	10.42%
25568.18	22.67%	11.08%	31579.55	28.07%	12.53%	13977.27	39.42%	24.20%
52789.77	46.80%	24.13%	41772.73	37.13%	9.06%	23295.45	65.71%	26.28%
65568.18	58.13%	11.33%	54545.45	48.48%	11.35%	27045.45	76.28%	10.58%
89670.45	79.49%	21.37%	64772.73	57.58%	9.09%	30681.82	86.54%	10.26%
100431.82	89.03%	9.54%	97727.27	86.87%	29.29%	33863.64	95.51%	8.97%
112801.14	100.00%	10.97%	112500.00	100.00%	13.13%	35454.55	100.00%	4.49%

e) Determinación de incrementos de las fuerzas durante el ensayo del talud estabilizado.

A continuación se tiene los resultados de porcentaje de variación a partir del ensayo de carga efectuada en laboratorio a las probetas de talud estabilizado:

Cuadro 35. Variación de carga en % para talud estabilizado.

PROBETA: P-1			PROBETA: P-2			PROBETA: P-3		
Fuerza (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	Fuerza (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	Fuerza (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL
0	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
127	4.77%	4.77%	40.00	5.13%	5.13%	7.50	2.03%	2.03%
693	26.00%	21.24%	64.20	8.23%	3.10%	16.80	4.54%	2.51%
1353	50.77%	24.77%	88.20	11.31%	3.08%	25.30	6.84%	2.30%
1679	63.00%	12.23%	114.10	14.63%	3.32%	33.60	9.08%	2.24%
1950	73.17%	10.17%	254.00	32.56%	17.94%	74.30	20.08%	11.00%
2100	78.80%	5.63%	413.60	53.03%	20.46%	123.70	33.43%	13.35%
2365	88.74%	9.94%	589.00	75.51%	22.49%	179.60	48.54%	15.11%
2420	90.81%	2.06%	723.00	92.69%	17.18%	233.10	63.00%	14.46%
2500	93.81%	3.00%	780.00	100.00%	7.31%	280.00	75.68%	12.68%
2665	100.00%	6.19%				370.00	100.00%	24.32%

f) Variación de la resistencia desde la carga de falla hasta la carga final del talud estabilizado.

Cuadro 36. Variación de resistencia durante la falla del talud estabilizado.

Probeta	Qi (kg)	Qfalla (kg)	Qf (kg)	Qdf (kg)	γ (g/cm ³)	% variación de Peso especifico	% variación de resistencia
P-1	0.00	2100	2420	320.00	153.9	100%	13.00%
P-2	0.00	589.00	723.00	134.00	277.9	181%	19.00%
P-3	0.00	179.60	233.10	53.50	367.6	132%	23.00%

Donde:

Q_i : Carga inicial de ensayo.

Q_{falla} : Carga cuando inicia la falla durante el proceso del ensayo (muestra las primeras grietas)

Q_f : Carga final máxima del ensayo producido en laboratorio (kg).

Q_{df} : Carga producida de ensayos durante la falla ó presencia de fisuramientos (kg).

γ : Peso específico del material según ensayos estándar.

La resistencia del talud al igual que para el talud natural se refleja en él % de variación de peso específico del material.

Así mismo se puede ver las variaciones en % de las resistencias de los taludes de ensayo, de las tres probetas ensayadas para la probeta P-1 es de 13%, P-2 es de 19%, P-3 es de 23%, siendo las variaciones de resistencias ocurridas durante el ensayo desde el momento que ocurre la falla hasta la carga final del ensayo.

Al igual que para el talud natural las gráficas del análisis de las cargas en cada punto de análisis carga inicial “ Q_i ”, carga de cuando inicia la falla “ Q_{falla} ”, hasta la carga final de ensayo “ Q_f ”. Se puede ver en dicha gráfica la variación de las tres probetas similar al caso anterior del talud natural.

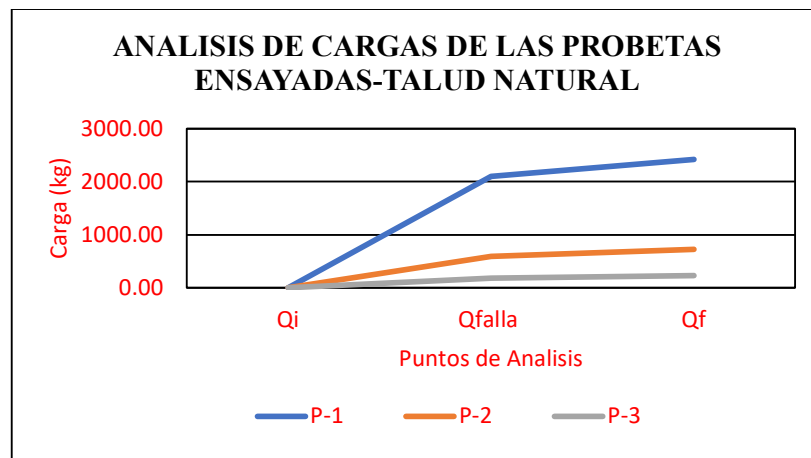


Figura 96. **Gráfico del análisis de cargas de las probetas ensayadas-Talud estabilizado.**

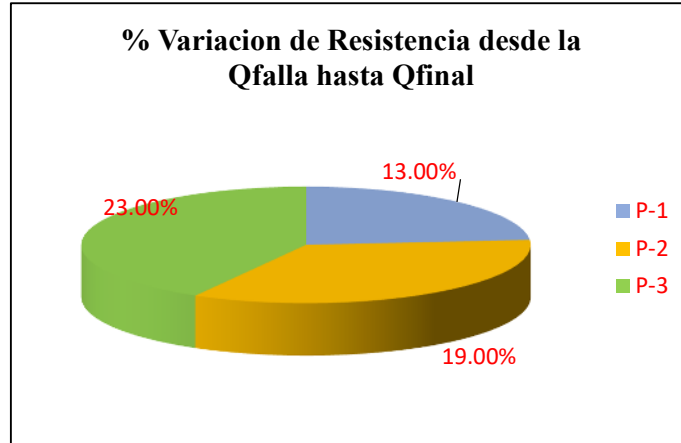


Figura 97. **Gráfico del % de resistencia desde la carga de falla hasta la carga final de ensayo -Talud estabilizado.**

g) Variación de la resistencia desde la carga de falla hasta la carga final del talud natural.

La variación de esfuerzos sobre la carga se determinó aplicando la siguiente fórmula para determinar los esfuerzos producidos respecto a la carga de ensayo sobre el área de apoyo que simula la base de la cimentación de la sobre carga aplicada, a escala reducida 1/200, con la aplicación de la siguiente formula.

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

Cuadro 37. Esfuerzo producido durante la carga de ensayo, caso real para el talud estabilizado.

PROBETA: P-1			PROBETA: P-2			PROBETA: P-3		
ESFUERZO (Kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	ESFUERZO (kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL	ESFUERZO (kg)	% INCREMENTO ACUMULADO	% INCREMENTO PARCIAL
0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00%	0.00%
14431.82	4.77%	4.77%	4545.45	5.13%	5.13%	852.27	2.03%	2.03%
78750.00	26.00%	21.24%	7295.45	8.23%	3.10%	1909.09	4.54%	2.51%
153750.00	50.77%	24.77%	10022.73	11.31%	3.08%	2875.00	6.84%	2.30%
190795.45	63.00%	12.23%	12965.91	14.63%	3.32%	3818.18	9.08%	2.24%
221590.91	73.17%	10.17%	28863.64	32.56%	17.94%	8443.18	20.08%	11.00%
238636.36	78.80%	5.63%	47000.00	53.03%	20.46%	14056.82	33.43%	13.35%
268750.00	88.74%	9.94%	66931.82	75.51%	22.49%	20409.09	48.54%	15.11%
275000.00	90.81%	2.06%	82159.09	92.69%	17.18%	26488.64	63.00%	14.46%
284090.91	93.81%	3.00%	88636.36	100.00%	7.31%	31818.18	75.68%	12.68%
302840.91	100.00%	6.19%				42045.45	100.00%	24.32%

Cuadro 38. Participación de cargas, resistencias y Esfuerzos-talud natural versus talud estabilizada.

PROBETA	% Participación de las cargas finales (TN & TE)	% variación de resistencia	% Participación de los esfuerzos finales (TN & TE)
P-1	134.24%	161.54%	268.47%
P-2	78.79%	221.05%	78.79%
P-3	118.59%	147.83%	118.59%

CONCLUSIONES

Respecto a la caracterización geotécnica:

- ✓ La caracterización geotécnica del tramo km. 0+000 – 0+292, se han obtenido según la clasificación AASTHO los tipos de suelos son A-1 para la C01, y A-2 para las calicatas C-02 y C-03, respectivamente. Las densidades de compactación de la probeta a escala reducida de 2.01 gr/cm³, que es similar al calculado en el ensayo de Proctor modificado 2.04 gr/cm³.
- ✓ Y según la clasificación SUCS se determinan la simbología GM para la calicata C-01, y para las calicatas C-02 y C-03 tienen por simbología SM y GM. Y con el corte directo se determinó el ángulo de fricción interna del suelo $\phi=32.31^\circ$ y $c=17.65$ kN/m², peso específico $\gamma=16.97$ kN/m³.

Respecto al análisis del Talud Natural

- ✓ Del análisis del talud Natural según la caracterización geotécnica, con la ayuda del programa Slide se determinó los factores de seguridad FS, para el tramo menos crítico en promedio de FS=1.077. Para el tramo más crítico de la progresiva Km. 0+220 se obtuvo en promedio de obtuvo el FS= 0.86, debido a la mayor altura que presenta en comparación con los demás tramos investigados.
- ✓ La fuerza máxima alcanzada fue para la probeta P-1 (talud natural), durante el ensayo siendo 1,985.30 kg., al finalizar los ensayos se ha obtenido una grieta en cada probeta en tres direcciones unidas entre sí, siendo las grietas de máxima longitud para la probeta P-2 de $L_{max}=259.24$ mm, y el ancho máximo de grieta alcanzó en la probeta P-2 siendo $e_{max}=7.31$ mm. la deformación vertical máxima promedio fue alcanzada en la probeta P-2 con 11.50mm.

Respecto al análisis del Talud Estabilizado

- Del análisis del talud Estabilizado, según la caracterización geotécnica, por ende, con la ayuda del programa Slide se pudo determinar el factor de seguridad FS, para el tramo más crítico progresiva Km. 0+220, en promedio el FS=1.20.
- Al igual que para talud natural la fuerza máxima alcanzada se dio para la probeta P-1, durante el ensayo en laboratorio siendo la carga final de 2,665 kg., al finalizar los ensayos se ha obtenido 12 grietas en cada probeta en diferentes

direcciones, siendo las grietas de máxima longitud para la probeta P-2 de $L_{\max}=250.47\text{mm}$, y el espesor máximo de grieta alcanzada fue en la probeta P-1 siendo $e_{\max}=3.20\text{mm}$., la deformación vertical máxima promedio fue alcanzada en la probeta P-3 de 19.50mm.

Respecto al análisis comparativo para los taludes Natural y Estabilizada, ensayadas a escala reducida.

- La variación del factor de seguridad del talud natural y talud estabilizada es de 141%, 136%, 142%, respectivamente para método de equilibrio limite aplicada, y en promedio se tiene una variación de 140%, lo que significa que aumento en un 40% al modificar el talud a uno estabilizado. Variando los F.S. promedio 0.86 a 1.20.
- Respecto a la variación de la carga aplicada de ensayo tanto para el talud natural y talud estabilizada, se obtuvieron un aumento de participación en 34.24% para P-1, 18.59% para P-3, y para P-2 hubo una reducción de 21.21%, lo que significa que en promedio hubo un aumento.
- Respecto a la variación de resistencias hubo un notable aumento en relación de talud natural en relación al talud estabilizada: 61.54%, 121.05%, 47.83%, respectivamente para las probetas P-1, P-2, P-3.
- Las participaciones de los esfuerzos similares en cuanto a cargas se tienen para las probetas P-2 y P-3.
- Al igual que la resistencia producida durante el ensayo, existe un incremento de esfuerzo durante el ensayo desde la etapa inicial de la carga hasta la carga final de ensayo.
- Finalmente considerando el talud actual del tramo más crítico de la investigación, con la aplicación de los métodos de equilibrio limite, descritos en la parte teórica de la presente investigación y comparando los resultados del prototipo o modelos a escala reducida y ensayada en el laboratorio, se ha obtenido directamente la relación del factor de seguridad requerida, siendo esta:

$$\text{Relacion de Factor} = \frac{\text{Factor talud natural}}{\text{Factor talud estabilizada}} = \frac{0.860}{1.200} = 71.67\%$$

Lo que significa que el factor de seguridad aumento en un 28.33% debido a la estabilización propuesta en la presente investigación.

RECOMENDACIONES

- ✓ Según los resultados obtenidos de la investigación habiéndose considerado el tramo más crítico progresiva Km. 0+220, para fortalecer el factor de seguridad que se refleja en la estabilización y mejoramiento de la seguridad, se puede realizar el sembrado de grass natural previamente instalando mallas geosintéticas, para evitar la erosión.
- ✓ Es factible seguir la línea de investigación, realizando ensayos con diferentes tipos de suelos, para otros casos reales; así como también ensayar con taludes diferentes y estabilizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Breña V. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú*. [tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11386>
- BARRERA R. (2014). *Modelo experimental de taludes escalonados*. [tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, México]. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/800>
- Berilgen M., 2007, *Investigation of stability of slopes under drawdown conditions*, Computers and Geotechnics No. 34, Elsevier, p. 81-91.
- Budhu, B. (2011). *Soil Mechanics and foundations* (3th Ed.), John Wiley and Sons, New York.
- Castañon Garay, P. (2011). *Cálculo del Factor de Erosión de la lluvia en las estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la cuenca de Papaloapan*. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 08 de noviembre de 2013, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/475/A1.pdf?sequence=1>
- Chacon & Irigaray & Lamas & Hamdouni, (2004). *MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS Prácticas y Ensayos*. Universidad de Granada.
- Crespo V. (1980). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Quinta Edición, Limusa. México.
- Gardner R. y Gerrard A., 2003, *Runoff and soil erosion on cultivated rainfed terraces in the Middle Hills of Nepal*, Applied Geography No. 23: 23-45.

- Gonzales L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Universidad Comutense de Madrid.
- Medrano R. (2008). *Mecánica de Suelos II*. Reporte final según dictamen N° AS-1-152/2007. Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica.
- Sackschewski C.(2017). *Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110*. tesis de pregrado de la facultad de ingeniería geológica, minera metalúrgica y geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5743>
- Suarez D. (1998). *DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Suarez J. (15 de junio de 2013). Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Obtenido de [http//.www.google.com.pe: www.erosion.com.co](http://www.google.com.pe: www.erosion.com.co)
- Suárez B. (2016). ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES. Medellín, Colombia.
- Valverde Ruiz E. A. (2010). Análisis de la influencia de la precipitación en el esfuerzo de succión y la estabilidad de un talud. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN.
- Shih-Kai C., Chen-Wuing L. y Yi-Ron C., 2012, Assessing soil erosion in a terraced paddy field using experimental measurements and universal soil loss equation. *Catena*: 1-11.

ANEXOS

ANEXO A. FICHAS TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DE EMS

Tabla A.1. SISTEMAS DE CLASIFICACION UNIFICADO DE SUELOS (SUCS)

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCION
		SUCS	GRAFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVAS Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA ARENOSA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA ARENOSA POBREMENTE GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA, MEZCLA DE GRAVA Y LIMO
		GC		GRAVA ARCILLOSA, MEZCLA DE GRAVA Y LIMO
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		GRAVA ARCILLOSA, MEZCLA DE GRAVA Y ARCILLA
		SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA Y LIMO
		SC		ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGANICO (DE BAJA PLASTICIDAD) POLVO DE ROCA, LIMO GRAVOSO, LIMO ARENOSO
		CL		ARCILLA INORGANICA (DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD) ARCILLA GRAVOSA, ARCILLA ARENOSA, ARCILLA LIMOSA
		OL		LIMO ORGANICO Y ARCILLA LIMOSA ORGANICA (BAJA PLASTICIDAD)
		MH		LIMO ORGANICO (DE ALTA PLASTICIDAD) MICACEO Y DIATOMEO
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	CH		ARCILLA INORGANICA (DE ALTA PLASTICIDAD)
		OH		ARCILLA ORGANICA (DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD)
		PT		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS
	SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		PT	

Fuente. Norma e.50 Suelos y Cimentaciones

Tabla A.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S		
SUELOS FINOS	CL	Son arcillas de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % , se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.
	ML	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % , se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.
	OL	Son suelos orgánicos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % ,se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.
	CH	Son arcillas de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 %, y se caracterizan por ser muy compresibles.
	MH	Son limos de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 %, y se caracterizan por ser muy compresibles.
	OH	Son suelos orgánicos de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 %,y se caracterizan por ser muy compresibles.
SUELOS GRUESOS	GW	Son gravas bien graduadas, exentas de partículas finas o en proporciones muy reducidas y que no intervienen en las características generales del suelo
	SW	Son arenas bien graduadas, exentas de partículas finas o en proporciones muy reducidas y que no intervienen en las características generales del suelo
	GP	Son gravas mal graduadas con cantidades reducidas de partículas finas
	SP	Son arenas mal graduadas con cantidades reducidas de partículas finas
	GM	Son gravas limosas, es decir en donde las características del suelo se ven afectadas por la presencia de las partículas finas
	GC	Son gravas arcillosas, es decir en donde las características del suelo se ven afectadas por la presencia de las partículas finas
	SM	Son arenas limosas
	SC	Son arenas arcillosas

Fuente. Norma e.50 Suelos y Cimentaciones

TABLA A.3. SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N°											
Límite líquido	-		-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico

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

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

Fuente. Norma e.50 Suelos y Cimentaciones



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

ANEXO B. FICHA TÉCNICA DEL PROCEDIMIENTO DE RESULTADOS EN LABORATORIO CUADRO B.1 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

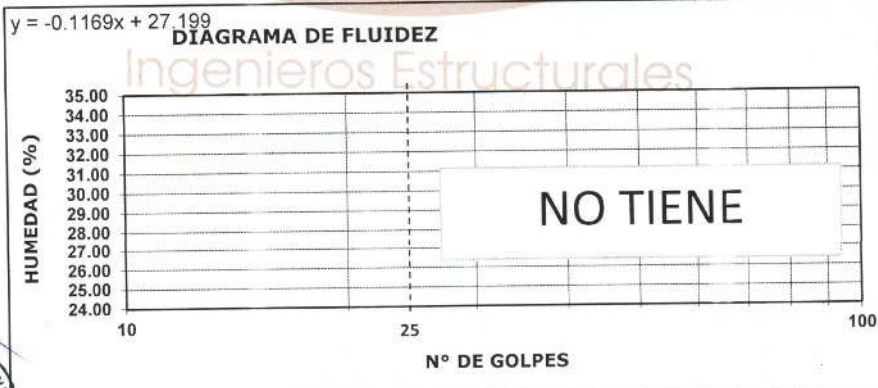
Table with technical details: TESIS, RESPONSABLE, CANTERA, CALICATA, MUESTRA, PROF., FECHA.

LIMITE LIQUIDO ASTM D423

Table for Limite Liquido ASTM D423 with 'NO TIENE' result.

LIMITE PLASTICO ASTM D424

Table for Limite Plastico ASTM D424 with 'NO TIENE' result.



Summary table: Limite Liquido (%), Limite Plastico (%), Indice de Plasticidad.

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES Vladimir Eloy Valladares Pérez DNI N° 46874060 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



Contact numbers: 919 192 327, 944 980 458, 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA Av. Javier King Kee Moreno N° 420 - Urb. Sierra Hermosa Independencia - Huaraz - Ancash

Email: jbc.ingenierosestructurales@gmail.com JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLOGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

PROYECTO	: "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA. BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
RESPONSABLE	: Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA	: Mib-2
CANTERA	: Barrio los Olivos	PROF.	: 1.5m
CALICATA	: C - 02	FECHA	: 29 Set. 2021

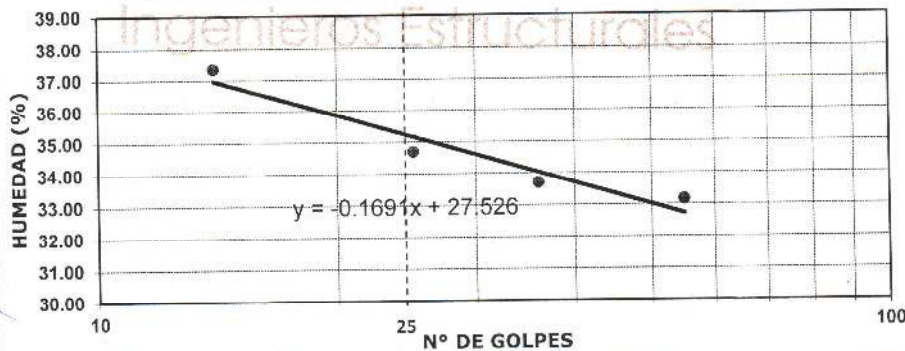
LIMITE LIQUIDO ASTM D423

FRASCO N°	L-17	L-19	L-20	L-21
No. DE GOLPES	55	36	25	14
(1) Pfr. + P.S.H (gr)	37.18	39.52	38.10	34.95
(2) Pfr. + P.S.S (gr)	31.57	32.95	32.10	29.61
(3) P.agua (gr) (1)-(2)	5.61	6.57	6.00	5.34
(4) Pfr. (gr)	14.65	13.45	14.81	15.31
(5) P.S.S (gr) (2)-(4)	16.92	19.50	17.29	14.30
(6) C. Humedad (3)/(5)	33.16	33.69	34.70	37.34

LIMITE PLASTICO ASTM D424

FRASCO N°	T-4	T-5	T-6
(1) Pfr. + P.S.H (gr)	7.31	7.57	6.90
(2) Pfr. + P.S.S (gr)	7.05	7.30	6.71
(3) P.agua (gr) (1)-(2)	0.26	0.27	0.19
(4) Pfr. (gr)	6.00	6.18	5.79
(5) P.S.S (gr) (2)-(4)	1.05	1.12	0.92
(6) C. Humedad (3)/(5)	24.76	24.11	20.65

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Limite Liquido (%) =	34.72
Limite Plastico (%) =	23.17
Indice de Plasticidad =	11.55



JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Vladimir Eloy Valladares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 f JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

PROYECTO	: "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"	MUESTRA	: Mib-3
RESPONSABLE	: Ing. Jaime Walter Blas Cano	PROF.	: 1.50 m.
Lugar de Trabajo	: Barrio los Olivos	FECHA	: 29 Set. 2021
CALICATA	: C - 03		

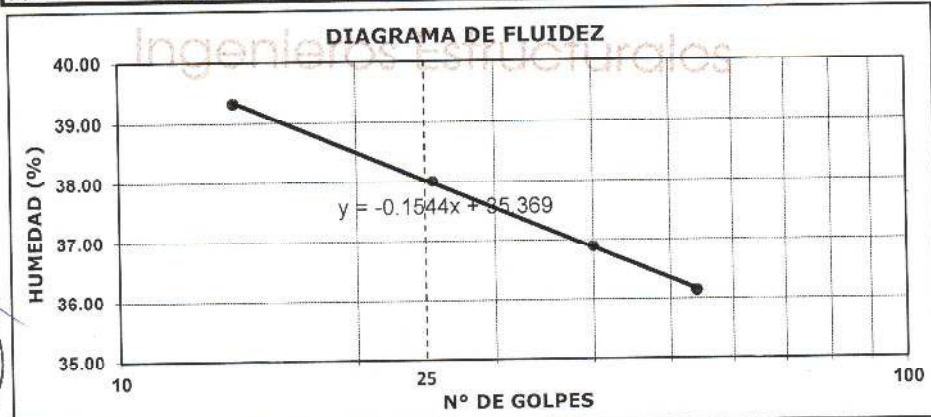
LIMITE LIQUIDO ASTM D423

FRASCO N°	L-13	L-14	L-15	L-16
No. DE GOLPES	14	25	40	54
(1) Pfr. + P.S.H (gr)	40.04	37.93	36.69	39.31
(2) Pfr. + P.S.S. (gr)	33.06	31.59	30.74	32.74
(3) P.agua (gr) (1)-(2)	6.98	6.34	5.95	6.57
(4) Pfr. (gr)	15.31	14.91	14.61	14.56
(5) P.S.S (gr) (2)-(4)	17.75	16.68	16.13	18.18
(6) C. Humedad (3)/(5)	39.32	38.01	36.89	36.14

LIMITE PLASTICO ASTM D424

FRASCO N°	T-1	T-2	T-3
(1) Pfr. + P.S.H (gr)	7.56	7.45	8.00
(2) Pfr. + P.S.S. (gr)	7.21	7.14	7.60
(3) P.agua (gr) (1)-(2)	0.35	0.31	0.40
(4) Pfr. (gr)	5.90	6.08	6.00
(5) P.S.S (gr) (2)-(4)	1.31	1.06	1.60
(6) C. Humedad (3)/(5)	26.72	29.25	25.00

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Limite Liquido (%) =	37.59
Limite Plastico (%) =	26.99
Indice de Plasticidad =	10.60

JBC Ingenieros Estructurales EIRL
 RUC: 20542186306
 Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CH. N° 82262
 Especialista Estructural y Geotécnica

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Vladimir Eloy Valledares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

☎ 919 192 327
 944 980 458
 📞 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 📍 JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

CUADRO B.2 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

TESIS	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
Responsable	: Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA	: Mib-1
CANTERA	: Barrio los Olivos	PROF.	: 1.5m
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 24 set. 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

MUESTRA	MA-01		
PROFUNDIDAD (m)	1.5m		
FRASCO N°	L-1	L-2	L-3
(1) Pfr. + P.S.H. (gr)	74.72	87.70	101.78
(2) Pfr. + P.S.S. (gr)	72.12	85.00	98.06
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	2.60	2.70	3.72
(4) Pfr. (gr)	17.49	18.57	18.12
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	54.63	66.43	79.94
(6) C. HUMEDAD (%) (3) / (5)	4.76	4.06	4.65
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	4.49%		

PROYECTO	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
SOLICITANTE	: Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA	: Mib-2
CANTERA	: Barrio los Olivos	PROF.	: 1.5m
CALICATA	: C - 02	FECHA	: 24 set. 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

MUESTRA	MA-01		
PROFUNDIDAD (m)	1.5m		
FRASCO N°	L-4	L-5	L-6
(1) Pfr. + P.S.H. (gr)	98.00	95.19	83.60
(2) Pfr. + P.S.S. (gr)	95.43	92.66	81.60
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	2.57	2.53	2.00
(4) Pfr. (gr)	19.66	17.17	18.03
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	75.77	75.49	63.57
(6) C. HUMEDAD (%) (3) / (5)	3.39	3.35	3.15
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.30%		



Vladimir Eloy Valladares Pérez
DNI N° 46874060
TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



JBC Ingenieros Estructurales EIRL
RUC: 20542186306
Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
REG. CIP N° 82282
Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
944 980 458
043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
Av. Javier King Kee Moreno
N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
f JBC Ingenieros Estructurales EIRL



JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

PROYECTO	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
SOLICITANTE	Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA	Mib-3
Lugar de Trabajo	Barrio los Olivos	PROF.	1.50 m.
CALICATA	C - 03	FECHA	24 set. 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D-2216

MUESTRA	MA-01		
	1.5m		
FRASCO N°	L-7	L-8	L-9
(1) Pfr. + P.S.H. (gr)	88.85	95.84	93.85
(2) Pfr. + P.S.S. (gr)	85.71	93.09	90.80
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	3.14	2.75	3.05
(4) Pfr. (gr)	15.70	19.60	18.40
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	70.01	73.49	72.40
(6) C. HUMEDAD (%) (3) / (5)	4.49	3.74	4.21
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	4.15%		

Ingenieros Estructurales

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Vladimír Eloy Valladares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

JBC LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS
JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES EIRL
 RUC: 20542186306
 Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CIP N° 82282
 Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 f JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

CUADRO B.3 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE ANALISIS GRANULOMETRICO

TESIS	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
RESPONSABLE	Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA	Mib-I
CANTERA	Barrio los Olivos	PROF.	: 1.5m
CALICATA	C - 01	FECHA	: 24 set. 2021

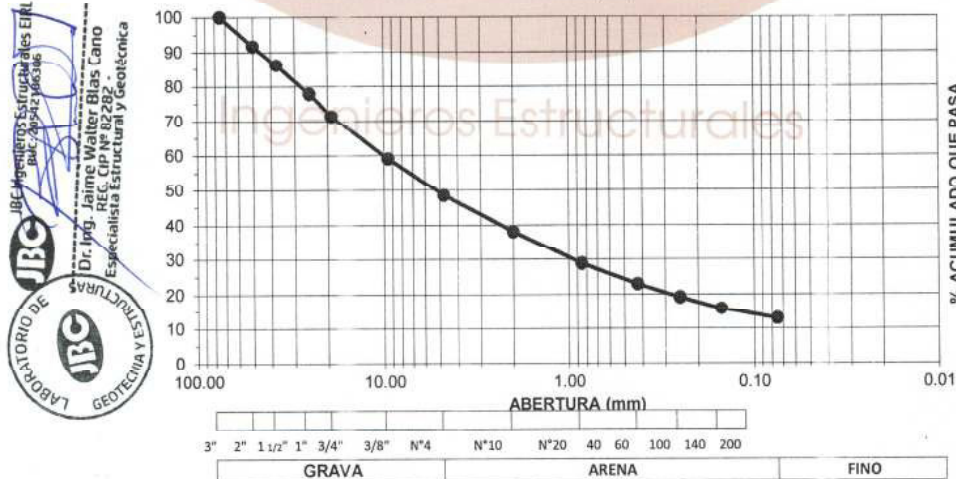
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

PESO INICIAL SECO (gr) : 3116.00 % QUE PASA LA MALLA N° 200 : 13.00
 PESO LAVADO SECO (gr) : 2729.36 PESO RETENIDO MALLA 3" (gr) : 0.00

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	259.12	8.32	8.32	91.68
1 1/2"	37.500	170.89	5.48	13.80	86.20
1"	25.000	258.79	8.31	22.11	77.89
3/4"	19.000	202.14	6.40	28.50	71.41
3/8"	9.500	382.88	12.29	40.88	59.12
N° 4	4.750	331.87	10.65	51.53	48.47
N° 10	2.000	322.99	10.37	61.90	38.10
N° 20	0.850	288.26	9.25	71.15	28.85
N° 40	0.425	183.78	5.90	77.04	22.96
N° 60	0.250	119.36	3.83	80.88	19.12
N° 100	0.150	101.49	3.26	84.13	15.87
N° 200	0.075	89.38	2.87	87.00	13.00
> N° 200	0.000	18.41	0.59	87.59	12.41
TOTAL		2729.36	87.59		

% ACUMULADO QUE PASA VS ABERTURA (mm)



GRAVA (%) =	51.53
ARENA (%) =	36.06
FINOS (%) =	12.41

D60 (mm) =	2.12
D30 (mm) =	0.75
D10 (mm) =	-0.03
Cu =	-70.24
Cc =	-8.74

JBC Ingenieros Estructurales EIRL
 RUC: 20542186306
 Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 Especialista Estructural y Geotécnica
 REC. CIP N° 82282

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Valdimir Eloy Yalldarano Pérez
 D.N. N° 48374080
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 f JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES, SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERIA AMBIENTAL.

PROYECTO	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
SOLICITANTE	: Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA	: Mib-2
Lugar de Trabajo	: Barrio los Olivos	PROF.	: 1.5m
CALICATA	: C - 02	FECHA	: 24 set. 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-421

PESO INICIAL SECO (gr) : 3141.00

% QUE PASA LA MALLA N° 200 : 19.29

PESO LAVADO SECO (gr) : 2563.44

PESO RETENIDO MALLA 3" (gr) : 0.00

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	194.86	6.20	6.20	93.80
1"	25.000	155.17	4.94	11.14	88.86
3/4"	19.000	99.89	3.18	14.32	85.68
3/8"	9.500	243.87	7.76	22.09	77.91
N° 4	4.750	210.36	6.70	28.79	71.21
N° 10	2.000	229.85	7.32	36.10	63.90
N° 20	0.850	465.92	14.83	50.94	49.06
N° 40	0.425	395.48	12.59	63.53	36.47
N° 60	0.250	213.66	6.80	70.33	29.67
N° 100	0.150	164.75	5.25	75.57	24.43
N° 200	0.075	161.25	5.13	80.71	19.29
> N° 200	0.000	28.49	0.91	81.61	18.39
TOTAL		2563.44	81.61		

% ACUMULADO QUE PASA VS ABERTURA (mm)



ABERTURA (mm)

3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 3/8" N°4 N°10 N°20 40 60 100 140 200

GRAVA

ARENA

FINO

GRAVA (%) =	14.32
ARENA (%) =	66.38
FINOS (%) =	19.29

D60 (mm) =	1.03
D30 (mm) =	0.26
D10 (mm) =	-0.13
Cu =	-8.24
Cc =	-0.52



INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Vladimír Elby Valladares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

PROYECTO	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
SOLICITANTE	Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA	Mib-3
Lugar de Trabajo	Barrio los Olivos	PROF.	: 1.50 m.
CALICATA	: C - 03	FECHA	: 24 set. 2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-421

PESO INICIAL SECO (gr) : 3264.00

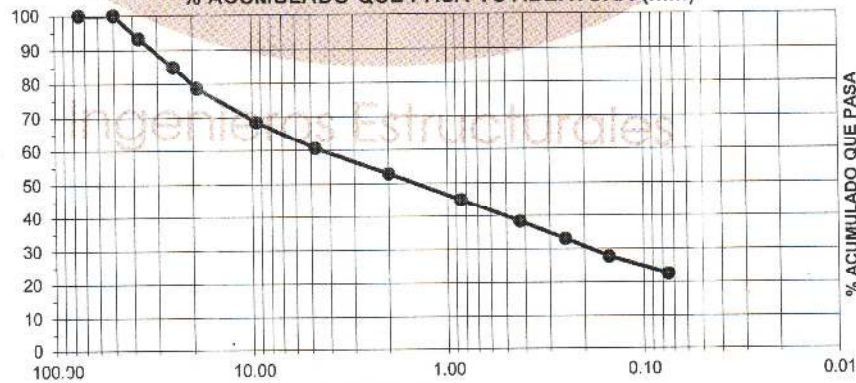
% QUE PASA LA MALLA N° 200 : 22.52

PESO LAVADO SECO (gr) : 2559.14

PESO RETENIDO MALLA 3" (gr) : 0.00

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	216.49	6.63	6.63	93.37
1"	25.000	277.32	8.50	15.13	84.87
3/4"	19.000	204.46	6.26	21.39	78.61
3/8"	9.500	328.29	10.06	31.45	68.55
N° 4	4.750	259.81	7.96	39.41	60.59
N° 10	2.000	248.03	7.60	47.01	52.99
N° 20	0.850	259.18	7.94	54.95	45.05
N° 40	0.425	220.18	6.75	61.70	38.30
N° 60	0.250	171.37	5.25	66.95	33.05
N° 100	0.150	172.25	5.28	72.22	27.78
N° 200	0.075	171.48	5.25	77.48	22.52
> N° 200	0.000	30.28	0.93	78.41	21.59
TOTAL		2559.14	78.41		

% ACUMULADO QUE PASA VS ABERTURA (mm)



3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 3/8" N°4 N°10 N°20 40 60 100 140 200

GRAVA (%) = 21.39	D60 (mm) = 1.15
ARENA (%) = 56.08	D30 (mm) = 0.15
FINOS (%) = 22.52	D10 (mm) = -0.19
	Cu = -6.14
	Cc = -0.10




JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
REG. CP N° 62282
Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 JBC Ingenieros Estructurales EIRL

CUADRO B.4 FICHA TÉCNICA PARA PROCESAR RESULTADOS DE CORTE DIRECTO

	PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION	PORTADA N°817	Doc.: GV-ITMS-01 Fecha: OCTUBRE - 2021
---	---	---------------	---

ENSAYO DE CORTE DIRECTO




TESIS:

UNMSM. “CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA”.

UBICACIÓN: BARRIO DE LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, AREQUIPA


TESISTA: ING. JAIME BLASCANO

JAEN - CAJAMARCA, OCTUBRE 2021.

 <p>GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</p>	<p>PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION</p>	<p>ANEXOS N°817</p>	<p>Doc.: GV-ITMS-01 Fecha: OCTUBRE - 2021</p>
---	--	----------------------------	---

ANEXO I

ENSAYO DE LABORATORIO

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	OCF-CCAS-10		CODIGO:	817-21-MS-EP-001
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
TESIS :	UNMSM, "CARACTERIZACION GEOTECNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACION DE TALUD A ESCALA REDUCIDA"		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN.
UBICACION :	BARRIO DE LOS OLIVOS - INDEPENDENCIA - HUARAZ - AREQUIPA		SUPERVISOR (IA) :	ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN.
TESISTA :	ING. JAIMEN BLASCANO		TECNICO DE LAB :	MARCO CHUQUIHUANGA PERALTA
			TECNICO DE LAB :	ANDERSON CAMPOS GRANDA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
A.S.T.M. D 3080 - 2004**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA :	TALUD
CALICATA :	C-2
MUESTRA :	M-1
PROFUNDIDAD (m) :	1.50 m.
CLASIFICACION (S.U.C.S.) :	-
CONDICION :	ALTERADA

DENSIDAD HUMEDA INICIAL (A.S.T.M. D 2937)

PESO MUESTRADOR + M HUMEDA INICIAL	133.5	gr	PESO MUESTRADOR + M HUMEDA INICIAL	133.63	gr	PESO MUESTRADOR + M HUMEDA INICIAL	133.49	gr
PESO MUESTRADOR	41.74	gr	PESO MUESTRADOR	42.09	gr	PESO MUESTRADOR	42.09	gr
PESO MUESTRA HUMEDA	91.76	gr	PESO MUESTRA HUMEDA	91.54	gr	PESO MUESTRA HUMEDA	91.4	gr
VOLUMEN MUESTRADOR	58.91	cm ³	VOLUMEN MUESTRADOR	58.91	cm ³	VOLUMEN MUESTRADOR	58.91	cm ³
DENSIDAD HUMEDA	1.56	gr/cm ³	DENSIDAD HUMEDA	1.55	gr/cm ³	DENSIDAD HUMEDA	1.55	gr/cm ³

CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (A.S.T.M. D 2216)


MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
NUMERO DE TARA	116	140	126
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	136.75	125.07	130.73
PESO MUESTRA SECA + TARA	129.39	117.94	123.8
PESO TARA	24.69	24.69	24.52
PESO MUESTRA SECA	104.7	93.25	99.28
CONTENIDO DE HUMEDAD	7.03	7.65	6.98
	%	%	%

VELOCIDAD DE CORTE : 0.25 mm/min

ESPECIMEN : 1	ESPECIMEN : 2	ESPECIMEN : 3				
ALTURA INICIAL :	19.71	mm	19.71	mm	19.71	mm
DIAMETRO :	61.69	mm	61.69	mm	61.69	mm
AREA INICIAL :	29.89	cm ²	29.89	cm ²	29.89	cm ²
DENSIDAD HUMEDA :	1.56	gr/cm ³	1.55	gr/cm ³	1.55	gr/cm ³
HUMEDAD INICIAL :	7.03	%	7.65	%	6.98	%
W PESAS	1275	gr	2500	gr	3825	gr
ESFUERZO NORMAL :	0.427	Kg/cm ²	0.853	Kg/cm ²	1.280	Kg/cm ²
ESFUERZO DE CORTE :	0.459	Kg/cm ²	0.702	Kg/cm ²	0.999	Kg/cm ²

DEFORMACION LATERAL (mm)	CARGA Kg	ESFUERZO DE CORTE Kg/cm ²	ESFUERZO NORMALIZADO (ε/θ)	DEFORMACION LATERAL (mm)	CARGA Kg	ESFUERZO DE CORTE Kg/cm ²	ESFUERZO NORMALIZADO (ε/θ)	DEFORMACION LATERAL (mm)	CARGA Kg	ESFUERZO DE CORTE Kg/cm ²	ESFUERZO NORMALIZADO (ε/θ)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.25	2.30	0.077	0.180	0.25	4.31	0.144	0.169	0.25	7.67	0.257	0.201
0.50	4.37	0.146	0.343	0.50	6.68	0.223	0.262	0.50	10.80	0.361	0.282
0.75	6.04	0.202	0.474	0.75	8.25	0.276	0.324	0.75	13.26	0.444	0.347
1.00	6.69	0.224	0.525	1.00	9.58	0.321	0.376	1.00	14.92	0.499	0.390
1.25	7.54	0.252	0.591	1.25	10.72	0.359	0.420	1.25	16.62	0.556	0.435
1.50	8.30	0.278	0.651	1.50	11.68	0.391	0.458	1.50	18.34	0.614	0.479
1.75	8.76	0.293	0.687	1.75	12.82	0.429	0.503	1.75	19.72	0.660	0.516
2.00	9.28	0.310	0.728	2.00	13.86	0.464	0.544	2.00	21.15	0.708	0.553
2.25	9.71	0.325	0.762	2.25	14.74	0.493	0.578	2.25	22.38	0.748	0.585
2.50	10.12	0.339	0.794	2.50	15.37	0.514	0.603	2.50	23.56	0.788	0.616
2.75	10.46	0.350	0.820	2.75	16.03	0.536	0.629	2.75	24.56	0.822	0.642
3.00	10.80	0.361	0.847	3.00	16.66	0.557	0.653	3.00	25.51	0.853	0.667
3.50	11.52	0.385	0.904	3.50	17.55	0.587	0.688	3.50	26.60	0.890	0.695
4.00	11.98	0.401	0.940	4.00	18.38	0.615	0.721	4.00	27.57	0.922	0.721
4.50	12.50	0.418	0.980	4.50	18.98	0.635	0.744	4.50	28.27	0.946	0.739
5.00	12.84	0.430	1.007	5.00	19.53	0.653	0.766	5.00	28.96	0.969	0.757
5.50	13.33	0.446	1.045	5.50	20.10	0.672	0.788	5.50	29.44	0.985	0.770
6.00	13.50	0.452	1.059	6.00	20.48	0.685	0.803	6.00	29.78	0.996	0.779
6.50	13.60	0.455	1.067	6.50	20.80	0.696	0.816	6.50	29.81	0.997	0.779
7.00	13.58	0.454	1.065	7.00	20.99	0.702	0.823	7.00	29.85	0.999	0.780
7.50	13.55	0.453	1.063	7.50	20.98	0.702	0.823	7.50	29.66	0.992	0.775
8.00	13.72	0.459	1.076	8.00	20.78	0.695	0.815	8.00	29.40	0.984	0.769
8.50	13.70	0.458	1.075	8.50	20.69	0.692	0.811	8.50	29.30	0.980	0.766

OBSERVACIONES: MUESTRA PROVISTA E IDENTIFICADA POR EL TESISTA.

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR:	LABORATORIO
	OCF-CCAS-10		CODIGO:	817-21-MS-EP-002
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
TESIS:	UNMSM. "CARACTERIZACION GEOTECNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACION DE TALUD A ESCALA REDUCIDA"		GERENTE GENERAL:	ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN
UBICACION:	BARRIO DE LOS OLIVOS - INDEPENDENCIA - HUARAZ - AREQUIPA		SUPERVISOR (OA):	GROVER RIVERA CARRION
TESISTA:	ING. JAIMEN BLASCANO		TECNICO DE LAB:	MARCO CHUQUIHUANGA P.
			TECNICO DE LAB:	ANDERSON CAMPOS GRANDA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA	
ESTRUCTURA:	TALUD
CALICATA:	C-2
MUESTRA:	M-1
PROFUNDIDAD (m):	1.50 m.
CLASIFICACION (S.J.C.S):	-
CONDICION:	INALTERADA

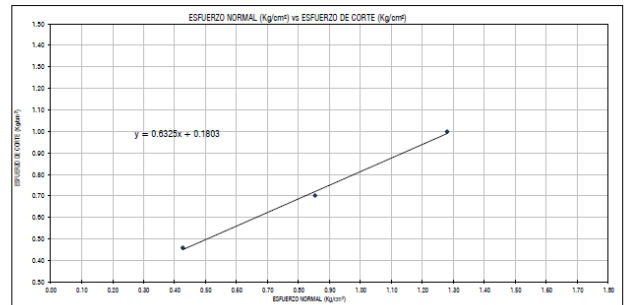
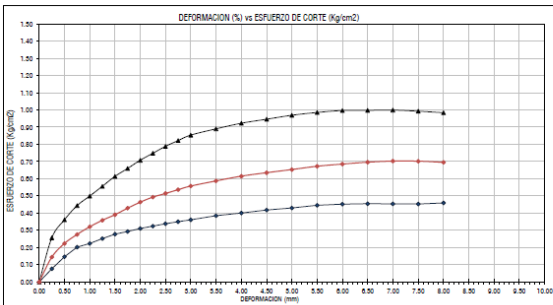
INICIAL					
ESPECIMEN:	1	ESPECIMEN:	2	ESPECIMEN:	3
ALTURA INICIAL:	19.71 mm	ALTURA INICIAL:	19.71 mm	ALTURA INICIAL:	19.71 mm
DIAMETRO:	61.69 mm	DIAMETRO:	61.69 mm	DIAMETRO:	61.69 mm
AREA INICIAL:	29.89 cm ²	AREA INICIAL:	29.89 cm ²	AREA INICIAL:	29.89 cm ²
DENSIDAD HUMEDA INICIAL:	1.56 gr/cm ³	DENSIDAD HUMEDA:	1.55 gr/cm ³	DENSIDAD HUMEDA:	1.55 gr/cm ³
HUMEDAD INICIAL:	7.03	HUMEDAD INICIAL:	7.65	HUMEDAD INICIAL:	6.98
DENSIDAD SECA INICIAL:	1.46 gr/cm ³	DENSIDAD SECA INICIAL:	1.44 gr/cm ³	DENSIDAD SECA INICIAL:	1.45 gr/cm ³

APLICANDO EL ESFUERZO NORMAL Y SATURANDO LA MUESTRA (CONSOLIDACION PRIMARIA)					
ESPECIMEN:	1	ESPECIMEN:	2	ESPECIMEN:	3
W PESAS:	1275 gr	W PESAS:	2550 gr	W PESAS:	3825
ESFUERZO NORMAL:	0.300 Kg/cm ²	ESFUERZO NORMAL:	0.300 Kg/cm ²	ESFUERZO NORMAL:	0.300
LECTURA DEL DEFORMIMETRO	0.005 mm	LECTURA DEL DEFORMIMETRO	0.003 mm	LECTURA DEL DEFORMIMETRO	0.008 mm
ALT ANTES EC = ALT INICIAL - LECTURA DEF	19.705 mm	ALT FINAL = ALT INICIAL - LECTURA DEF	19.707 mm	ALT FINAL = ALT INICIAL - LECTURA DEF	19.702 mm

APLICANDO EL ESFUERZO DE CORTE					
ESPECIMEN:	1	ESPECIMEN:	2	ESPECIMEN:	3
LECTURA DEL DEFORMIMETRO	0.006 mm	LECTURA DEL DEFORMIMETRO	0.009 mm	LECTURA DEL DEFORMIMETRO	0.007 mm
ALT FINAL = ALT ANTES EC - LECTURA DEF	19.699 mm	ALT FINAL = ALT ANTES EC - LECTURA DEF	19.698 mm	ALT FINAL = ALT ANTES EC - LECTURA DEF	19.695 mm

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL (A.S.T.M. D 2216)						
MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03		
NUMERO DE TARA	98	NUMERO DE TARA	412	NUMERO DE TARA	123	
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	132.47 gr	PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	129.37 gr	PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	129.54 gr	
PESO MUESTRA SECA + TARA	111.64 gr	PESO MUESTRA SECA + TARA	111.67 gr	PESO MUESTRA SECA + TARA	113.18 gr	
PESO TARA	24.67 gr	PESO TARA	23.26 gr	PESO TARA	24.72 gr	
PESO MUESTRA SECA	86.97 gr	PESO MUESTRA SECA	88.41 gr	PESO MUESTRA SECA	88.46 gr	
CONTENIDO DE HUMEDAD	23.95 %	CONTENIDO DE HUMEDAD	20.02 %	CONTENIDO DE HUMEDAD	18.49 %	

DENSIDAD HUMEDA FINAL (A.S.T.M. D 2937)						
PESO MUESTREADOR + M HUMEDA	149.54 gr	PESO MUESTREADOR + M HUMEDA	147.85 gr	PESO MUESTREADOR + M HUMEDA	146.56 gr	
PESO MUESTREADOR	41.74 gr	PESO MUESTREADOR	41.74 gr	PESO MUESTREADOR	41.74 gr	
PESO MUESTRA HUMEDA	107.80 gr	PESO MUESTRA HUMEDA	106.11 gr	PESO MUESTRA HUMEDA	104.82 gr	
VOLUMEN MUESTREADOR	58.91 cm ³	VOLUMEN MUESTREADOR	58.91 cm ³	VOLUMEN MUESTREADOR	58.91 cm ³	
DENSIDAD HUMEDA FINAL	1.83 gr/cm ³	DENSIDAD HUMEDA FINAL	1.80 gr/cm ³	DENSIDAD HUMEDA FINAL	1.78 gr/cm ³	
HUMEDAD FINAL:	23.95 %	HUMEDAD FINAL:	20.02 %	HUMEDAD FINAL:	18.49 %	
DENSIDAD SECA FINAL:	1.48 gr/cm ³	DENSIDAD SECA FINAL:	1.50 gr/cm ³	DENSIDAD SECA FINAL:	1.50 gr/cm ³	



RESULTADOS : COHESIÓN (C) : 0.18 Kg/cm²
 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (α) : 32.31

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RD - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.



FOTOGRAFIA 01: Muestra la ejecución del Ensayo de Corte Directo, bajo la Norma A.S.T.M. D 3080, de la Tesis: UNMSM. "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA".



JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

CUADRO B.5 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE PESOS ESPECIFICOS

TESIS	"CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"	
RESPONSABLE	Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA : Mib
CANTERA	Barrio los Olivos	PROF. : -
CALICATA	C-01	FECHA : 25 SET. 2021

CALCULO DE PESO ESPECIFICO CON MUESTRA DIRECTA (INALTERADA)

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	8938 gr.
Peso de Muestra	4426 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad humeda	1.55 gr/cm ³ .

DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4254; ASTM D-4253

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	8832 gr.
Peso de Muestra	4320 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad Minima	1.51 gr/cm ³ .

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	9393 gr.
Peso de Muestra	4881 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad Máxima	1.71 gr/cm ³ .

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES

 Vladimir Eloy Valledares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



JBC Ingenieros Estructurales EIRL
 RUC: 20542186306

 Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CIP N° 02202
 Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 f JBC Ingenieros Estructurales EIRL



JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES,
DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

TESIS	"CARACTERIZACION GEOTECNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACION DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"	
RESPONSABLE	Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA : Mib
CANTERA	Barrio los Olivos	PROF. : -
CALICATA	C - 02	FECHA : 25 SET. 2021

CALCULO DE PESO ESPECIFICO CON MUESTRA

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	8430 gr.
Peso de Muestra	3918 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad humeda	1.37 gr/cm ³ .

DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4254; ASTM D-4253

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	8430 gr.
Peso de Muestra	3918 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad Minima	1.37 gr/cm ³ .

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	9523 gr.
Peso de Muestra	5011 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad Máxima	1.75 gr/cm ³ .

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
Vladimir Eloy Valladares Pérez
DNI N° 45874060
TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

JBC Ingenieros Estructurales EIRL
RUC: 20542186306
Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
REG. CIP N° 82282
Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
944 980 458
043-231362



LABORATORIO Y OFICINA
Av. Javier King Kee Moreno
N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
Independencia - Huaraz - Ancash



jb.ingenierosestructurales@gmail.com



JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

TESIS	: "CARACTERIZACION GEOTECNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACION DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"	MUESTRA	: Mib
RESPONSABLE	: Ing. Jaime Walter Blas Cano	PROF.	: -
CANTERA	: Barrio los Olivos	FECHA	: 25 SET. 2021
CALICATA	: C - 03		

CALCULO DE PESO ESPECIFICO CON MUESTRA

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	8439 gr.
Peso de Muestra	3927 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad humeda	1.38 gr/cm ³ .

DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA

ASTM D-4254; ASTM D-4253

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	8439 gr.
Peso de Muestra	3927 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad Minima	1.38 gr/cm ³ .

Peso del Molde de Metal	4512 gr.
Peso del Molde + Suelo	9457 gr.
Peso de Muestra	4945 gr.
Diametro de Molde Metal	15.6 cm.
Altura de Molde de Metal	14.94 cm.
Volumen	2855.55 cm ³ .
Densidad Máxima	1.73 gr/cm ³ .

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Vladimír Eloy Valledares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



JBC Ingenieros Estructurales EIRL
 RUC: 20542186306
 Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CIP N° 82282
 Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 f JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

CUADRO B.6 PROCESAMIENTO DE PROCTOR MODIFICADO EN LABORATORIO

PROYECTO :	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
RESPONSABLE :	Ing. Jaime Walter Blas Cano	MUESTRA :	Mib-1
CANTERA :	Barrio los Olivos	PROF. :	1.5m
CALICATA :	C - 02	FECHA :	30 SET. 2021
Golpes/Capa :	56	N° de Capas :	5
		Wmart (gr) :	4545
		Wmolde (gr):	6662

Dimens. del Molde Ø(cm) = 15.20 Altura (cm): 11.7 Volum. (cm³): 2123

PROCTOR MODIFICADO: ASTM D-1557 (NTP 339.141)

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

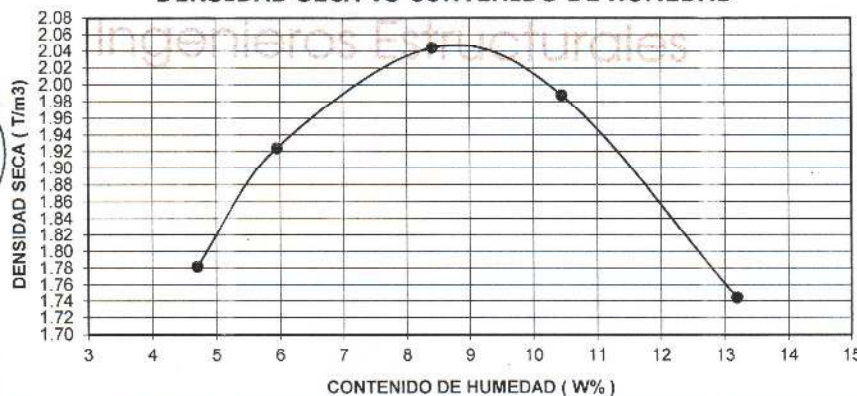
Muestras	MUESTRA - 1		MUESTRA - 2		MUESTRA - 3		MUESTRA - 4		MUESTRA - 5	
FRASCO N°	L-3	L-5	L-4	L-6	L-10	L-11	L-14	L-21	L-22	L-23
(1) Pfr. + P.S.H. (gr)	75.83	71.40	95.32	88.33	71.90	76.34	66.34	74.68	61.62	63.35
(2) Pfr. + P.S.S. (gr)	73.20	69.00	90.92	84.52	67.76	71.81	61.66	68.85	56.06	57.79
(3) P.agua (gr) , (1)-(2)	2.63	2.40	4.40	3.81	4.14	4.53	4.68	5.83	5.56	5.56
(4) Pfr. (gr)	18.11	17.17	19.65	18.03	17.83	18.69	14.94	15.30	14.19	15.33
(5) P.S.S (gr) , (2)-(4)	55.09	51.83	71.27	66.49	49.93	53.12	46.72	53.55	41.87	42.46
(6) C. Humedad, W (%)	4.77	4.63	6.17	5.73	8.29	8.53	10.02	10.89	13.28	13.09

DETERMINACION DE LA DENSIDAD:

Cont. Hum. Prom.(%)	4.70	5.95	8.41	10.45	13.19
Wsuelo+Molde (gr)	10620	10988	11364	11321	10850
Wmolde (gr)	6660	6660	6660	6660	6660
Wsuelo: Ws(gr)	3960	4328	4704	4661	4190
Densid. Húmeda (Ws/Vol)	1.87	2.04	2.22	2.20	1.97
Densid. Seca(Tn/m ³)	1.78	1.92	2.04	1.99	1.74

JBC Ingenieros Estructurales EIRL
 RUC: 20542186306
 Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CIP N° 82282
 Especialista Estructural y Geotécnica

DENSIDAD SECA VS CONTENIDO DE HUMEDAD



Cont. De Hum. Optima(%) = 8.41

Dens. Seca Maxima (Tn/m³) = 2.04

INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Víctor Eloy Valladares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

919 192 327
944 980 458
043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
Av. Javier King Kee Moreno
N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
📍 JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"

SOLICITANTE : Ing. Jaime Walter Blas Cano **MUESTRA :** Mib-2
Lugar de Trabajo : Barrio los Olivos **PROF. :** 1.5m
CALICATA : C - 03 **FECHA :** 30 SET. 2021

Golpes/Capa : 56 **N° de Capas :** 5 **Wmart (gr) :** 4545 **Wmolde (gr):** 6662

Dimens. del Molde Ø(cm) = 15.20 **Haltura (cm):** 11.7 **Volum. (cm3):** 2123

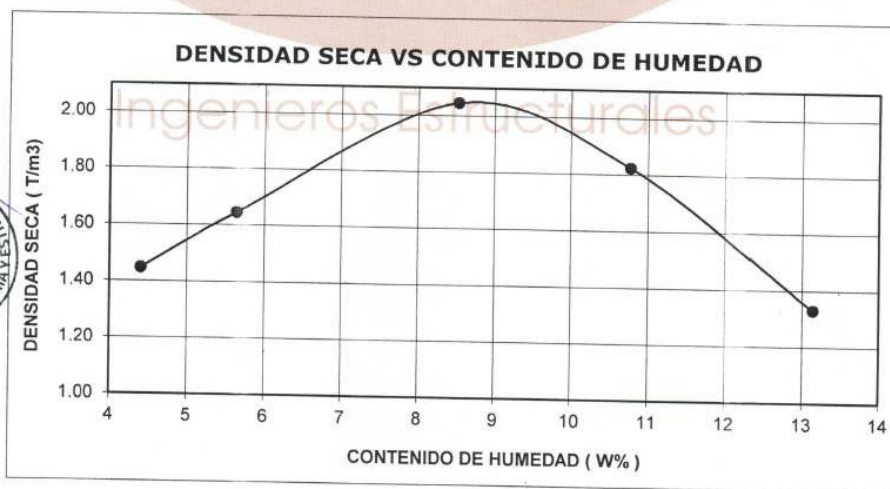
PROCTOR MODIFICADO:ASTM D-1557

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

Muestras	MESTRA - 1		MUESTRA - 2		MUESTRA - 3		MUESTRA - 4		MUESTRA - 5	
FRASCO N°	L-17	L-19	L-13	L-20	L-12	L-22	L-2	L-24	L-15	L-16
(1) Pfr. + P.S.H (gr)	75.83	71.40	95.32	88.33	65.92	66.15	66.34	74.68	61.62	63.35
(2) Pfr. + P.S.S. (gr)	73.20	69.00	90.92	84.52	62.12	62.13	61.66	68.85	56.06	57.79
(3) P.agua (gr) (1)-(2)	2.63	2.40	4.40	3.81	3.80	4.02	4.68	5.83	5.56	5.56
(4) Pfr. (gr)	14.65	13.45	15.31	14.81	17.60	14.97	18.56	14.30	14.61	14.56
(5) P.S.S (gr) (2)-(4)	58.55	55.55	75.61	69.71	44.52	47.16	43.10	54.55	41.45	43.23
(6) C. Humedad W (%)	4.49	4.32	5.82	5.47	8.54	8.52	10.86	10.69	13.41	12.86

DETERMINACION DE LA DENSIDAD:

Cont. Hum. Prom.(%)	4.41	5.64	8.53	10.77	13.14
Wsuelo+Molde (gr)	9868	10350	11374	10950	9857
Wmolde (gr)	6660	6660	6660	6660	6660
Wsuelo: Ws(gr)	3208	3690	4714	4290	3197
Densid. Húmeda (Ws/Vol)	1.51	1.74	2.22	2.02	1.51
Densid. Seca(Tn/m3)	1.45	1.65	2.05	1.82	1.33



Cont. De Hum. Optima(%) = 8.53

Dens. Seca Maxima (Tn/m3) = 2.05

INGENIEROS ESTRUCTURALES

 Vladimír Eloy Villedares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 📍 JBC Ingenieros Estructurales EIRL



JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES, DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

CUADRO B.7 PROCESAMIENTO DE EQUIVALENTE DE ARENA EN LABORATORIO

TESIS	: "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"	MUESTRA	: Mib
RESPONSABLE	: Ing. Jaime Walter Blas Cano	PROF.	: -
CANTERA	: Barrio los Olivos	FECHA	: 25 SET. 2021
CALICATA	: C - 01, C-02, C-03		

INFORME N° 027-2021-LABORATORIO-JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES EIRL

ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA

Tipo de Muestra	Arena para Base Granular			
	1	2	3	4
PRUEBA N°				
Lectura Arcilla (in)	11.45	12.1	12.15	12
Lectura de Arena, incluida la longitud del I	11.35	11.4	11.45	11.5
Longitud del Indicador (in)	10	10	10	10
Lectura Arena (in)	1.35	1.4	1.45	1.45
Equivalente de Arena (%)	12	12	12	12
Equivalente de Arena Promedio (%)	12			

EQUIVALENTE DE ARENA	12%	
% Tolerancia	0%	< 6% OK!

ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA

Tipo de Muestra	Arena para Base Granular			
	1	2	3	4
PRUEBA N°				
Lectura Arcilla (in)	11.9	12.6	12.2	12.3
Lectura de Arena, incluida la longitud del I	12.35	12.2	12.3	12.3
Longitud del Indicador (in)	10	10	10	10
Lectura Arena (in)	2.35	2.2	2.3	2.3
Equivalente de Arena (%)	20	17	19	19
Equivalente de Arena Promedio (%)	19			

EQUIVALENTE DE ARENA	19%	
% Tolerancia	1%	< 6% OK!

ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA

Tipo de Muestra	Arena para Base Granular			
	1	2	3	4
PRUEBA N°				
Lectura Arcilla (in)	11.3	11	11.3	11.2
Lectura de Arena, incluida la longitud del I	12	12	12.1	12
Longitud del Indicador (in)	10	10	10	10
Lectura Arena (in)	2	2	2.1	2
Equivalente de Arena (%)	18	18	19	18
Equivalente de Arena Promedio (%)	18			

EQUIVALENTE DE ARENA	18%	
% Tolerancia	0%	< 6% OK!

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES

Vladimir Eloy Valladares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

JBC LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS

Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CIP N° 82282
 Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES,
DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

TESIS	: "CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ, ANCASH, PERU-2021"		
RESPONSABLE	: Ing. Jaime Walter Blas Cano		
Lugar de Trabajo	: Barrio los Olivos	FECHA	: 30 Octubre 2021

INFORME N° 027-2021-LABORATORIO-JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES EIRL

RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR

		CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC		
		C - 01	C - 02	C - 03
MUESTRA		Mib-1	Mib-1	Mib-3
PROF. Extraccion de la Muestra (m)		1.5m	1.5m	1.50 m.
ANALISIS GRANULOMETRICO (CLASIFICACION ASTM D-422)				
Porcentaje Acumulado que pasa por malla de porcion de material < 3"	3"	100.00	100.00	100.00
	2"	91.68	100.00	100.00
	1 1/2"	86.20	93.80	93.37
	1"	77.89	88.86	84.87
	3/4"	71.41	85.68	78.61
	3/8"	59.12	77.91	68.55
	N° 4	48.47	71.21	60.59
	N° 10	38.10	63.90	52.99
	N° 20	28.85	49.06	45.05
	N° 40	22.96	36.47	38.30
	N° 60	19.12	29.67	33.05
	N° 100	15.87	24.43	27.78
	N° 200	13.00	19.29	22.52
Resultados de Granulometria por Tamizado	D60 (mm)	2.12	1.03	1.15
	D30 (mm)	0.75	0.26	0.15
	D10 (mm)	-0.03	-0.13	-0.19
	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	-70.24	-8.24	-6.14
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	-8.74	-0.52	-0.10
	GRAVA (%): [N°4<φ<3"]	51.53	28.79	21.39
	ARENA (%): [N°200<φ<N°4]	35.47	51.92	56.08
FINOS (%): [φ<N°200]	13.00	19.29	22.52	

CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC

	C - 01	C - 02	C - 03
LIMITES DE CONSISTENCIA			
Límite Líquido (LL), (%)	0.00	34.72	37.59
Límite Plástico (LP), (%)	0.00	23.17	26.99
Indice de Plasticidad (IP), (%)	0.00	11.55	10.60
Contenido Humedad Promedio. (%)	4.49%	3.30%	4.15%

Observacion: Las Muestras fue proporcionada por el Tesista conjuntamente con el equipo Tecnico del Laboratorio JBC Ingenieros Estructurales

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES
 Vladimír Eloy Valladares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

JBC Ingenieros Estructurales EIRL
 RUC: 20542186306
JBC LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS
 Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CIP N° 82282
 Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 f JBC Ingenieros Estructurales EIRL



Ingenieros Estructurales

JBC Ingenieros Estructurales EIRL

RUC: 20542186306

REGISTRO INDECOPI N° 00 139858

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

SOMOS ESPECIALISTAS EN:

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y GEOLÓGICOS, EVALUACIONES ESTRUCTURALES SISMORRESISTENTES,
DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y INGENIERÍA AMBIENTAL.

TESIS	"CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA DETERMINAR EL MODELO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD A ESCALA REDUCIDA, BARRIO LOS OLIVOS, INDEPENDENCIA, HUARAZ. ANCASH, PERU-2021"		
RESPONSABLE	Ing. Jaime Walter Blas Cano		
Lugar de Trabajo	Barrio los Olivos	FECHA	30 Octubre 2021

INFORME N° 027-2021-LABORATORIO-JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES EIRL

RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR

MUESTRA	CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC		
	C - 01	C - 02	C - 03
Mib-1	Mib-1	Mib-1	Mib-3

	CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC		
	C - 01	C - 02	C - 03
CLASIFICACION SEGÚN AASHTO (ASTM D-3282-AASHTO M145)			
a =	0.00	0.00	0.00
b =	0.00	4.29	7.52
c =	0.00	0.00	0.00
d =	0.00	1.55	0.60
IG =	0	0	0
Tipo de Suelo	Material Granular	Material Granular	Material Granular
Clasificación de Suelos	A - 1	A - 2	A - 2
Suelo	A - 1 - a (0)	A - 2 - 6 (0)	A - 2 - 6 (0)

	CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC		
	C - 01	C - 02	C - 03
CLASIFICACION SEGUN SUCS ASTM D-2487			
Característica del Suelo Según "Cc"	Suelo Mal Graduado	Suelo Mal Graduado	Suelo Mal Graduado
Tipo de Suelo según su granulometria	Suelo Grueso	Suelo Grueso	Suelo Grueso
	Grava	Arena	Grava
Tipo de Simbología	Simbología Normal	Simbología Normal	Simbología Normal
Tipo de Suelo	GM , GC	SM , SC	GM , GC

	CALICATAS ENSAYADAS EN LABORATORIO JBC		
	A - 1 - a	A - 2 - 6	A - 2 - 6
RESULTADOS DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)			
Densidad Seca Maxima (T/m ³)	-	2.04	2.05
Contenido de Humedad Optima (%)	-	8.41	8.53

Observación: Las Muestras fue proporcionada por el Tesista conjuntamente con el equipo Tecnico del Laboratorio JBC Ingenieros Estructurales

JBC INGENIEROS ESTRUCTURALES

 Vladimir Eloy Valladares Pérez
 DNI N° 46874060
 TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

JBC Ingenieros Estructurales EIRL
 RUC: 20542186306

 Dr. Ing. Jaime Walter Blas Cano
 REG. CIP N° 82292
 Especialista Estructural y Geotécnica

919 192 327
 944 980 458
 043-231362

LABORATORIO Y OFICINA
 Av. Javier King Kee Moreno
 N° 420 - Urb. Sierra Hermosa
 Independencia - Huaraz - Ancash

✉ jbc.ingenierosestructurales@gmail.com
 f JBC Ingenieros Estructurales EIRL