

U
N
S
A
A
C
U
S
C
O

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL
Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



TITULO:

**“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA
AL CORTE EN SUELOS GRAVOSOS POR GRANULOMETRÍA
HOMOTÉTICA Y RETROCALCULO EN TALUD, EN LA
QUEBRADA DE CANCHA URAN DISTRITO DE URCOS-
PROVINCIA DE QUISPICANCHIS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO
2018”**

**Tesis presentado por:
Bach. HENRY CJAPA HERENCIA**

**Dictaminantes:
Ing. ISAAC FEDERICO LOZA GAMARRA
M. Sc. Ing. CARLOS FERNANDEZ BACA VIDAL
Mgt. Ing. IGNACIO FRUCTUOSO SOLIS QUISPE**

Tesis presentada para optar al título de Ingeniero Civil

CUSCO AGOSTO DEL 2019

DEDICATORIA

*A mi madre Felicitas Herencia Rojas por ser mi
inspiración y la principal fuente de apoyo que hizo posible
alcanzar esta meta.*

*A mis hermanos Soledad Peralta Herencia, Lourdes Cjapa
Herencia y Fredy Alberto Cjapa Herencia por estar a mi
lado apoyándome en todos los momentos de mi vida.*

RESUMEN

El estudio geotécnico en suelos granulares presenta muchas dificultades, principalmente en el alto costos para elaborar ensayos tanto insitu como en laboratorio debido a falta de equipos a gran escala como también el tiempo y la dificultad para ensayar especímenes de grandes dimensiones, lo cual implica a desarrollar metodologías alternas que puedan estimar la resistencia al corte en este tipo de materiales.

En la presente investigación se determinó los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo, el material estudiado fue extraído del talud deslizado ubicado en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos.

La metodología de la granulometría homotética consiste en escalar la granulometría del suelo original a una curva de menor tamaño de partículas asumiendo que se mantienen algunas características propias del material original como la dureza y la forma, etc. De tal manera que el material escaldado pueda ser ensayado en equipos convencionales. En la presente investigación se concluyó que la metodología de la granulometría homotética es eficiente para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos.

La metodología de retro cálculo consiste en evaluar taludes ya fallados por medio del retro análisis el cual implica hacer un análisis probabilístico y de sensibilidad en los parámetros que influyen en la resistencia al corte al momento de fallar el talud. Para esta metodología se optó por hacer el análisis de sensibilidad el cual implica evaluar cada una de las variables manteniendo constantes las otras variables en una superficie de falla determinada y se concluyó que esta metodología es eficiente para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos.

ABSTRACT

The geotechnical study in granular soils presents many difficulties, mainly in the high costs to elaborate both laboratory and laboratory tests due to lack of large-scale equipment as well as the time and difficulty to test large specimens, which implies to develop alternate methodologies that can estimate the resistance to the cut in this type of materials.

In the present investigation the parameters of resistance to the cut in burdensome soils were determined by homothetic granulometry and retro calculation, the studied material was extracted from the slippery slope located in the canyon of Cancha Uran district of Urcos.

The homothetic granulometry methodology consists in scaling the granulometry of the original soil to a smaller particle size curve assuming that certain characteristics of the original material such as hardness and shape, etc. are maintained. So that the scalded material can be tested in conventional equipment. In the present investigation it was concluded that the homothetic granulometry methodology is efficient to determine the parameters of shear resistance in gravelly soils.

The retro calculation methodology consists in evaluating slopes already failed by means of the retro analysis which implies making a probabilistic and sensitivity analysis in the parameters that influence the resistance to the cut when the slope fails. For this methodology it was decided to make the sensitivity analysis which implies evaluating each of the variables keeping the other variables constant in a given fault surface and it was concluded that this methodology is efficient to determine the parameters of resistance to cut in gravelly soils.

INDICE DE CONTENIDO

Introducción.....	1
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.2. Problema general.....	2
1.1.3. Problemas específicos.....	2
1.2. Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1. Objetivos generales.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Hipótesis de la investigación.....	4
1.3.1. Hipótesis generales.....	4
1.3.2. Hipótesis específicos.....	4
1.4. Variables de la investigación.....	4
1.4.1. Variables.....	4
1.4.2. Operacionalización de variable.....	5
1.5. Limitaciones.....	5
1.6. Justificación.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes de la investigación a nivel nacional.....	7

2.1.2. Antecedentes de la investigación a nivel internacional	7
2.2. Marco conceptual	8
2.2.1. Factor escala	8
2.2.2. Granulometría homotética.....	8
2.2.3. Retro calculo	8
2.2.4. Petrografía	9
2.2.5 Tipos de gravas.....	9
2.2.5.1 Según su origen	9
2.2.5.1.1Gravas de origen aluvial.....	10
2.2.5.1.2. Gravas coluviales	12
2.2.5.1.3. Depósitos glaciales.....	12
2.2.5.1.4. Depósitos eólicos de suelo.....	13
2.2.5.2. Por la petrografía	13
2.2.5.3. Por su distribución granulométrica.....	16
2.3 Características de un suelo granular	17
2.3.1 Variables intrínsecas del material granular	17
2.3.1.1 Granulometría del material.....	17
2.3.1.2 Dureza de partículas.....	18
2.3.1.3 Forma de las partículas	18
2.3.1.4 Tamaño de partículas	20

2.3.1.5 Densidades de la muestra seca	22
2.3.1.6 Densidad relativa	23
2.4. Resistencia al corte en materiales granulares gruesos.....	24
2.5. Métodos de evaluación de resistencia al corte de materiales granulares gruesos.....	26
2.5.1. Método de corte.....	26
2.5.2. Método de corte y remplazo.....	26
2.5.3. Método de la matriz	26
2.5.4. Método de la granulometría homotética	26
2.5.4.1 Resultados de Gesche (2002)	28
2.5.4.2 Resultados de De la Hoz(2007)	31
2.5.5. Método de retro calculo	35
2.5.5.1. Método de retro cálculo usando el slide.....	36
CAPÍTULO III: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	38
3.1. Enfoque de la investigación.....	38
3.1.2. Procedimiento metodológico y selección de muestra.....	38
3.1.2.1. Metodología de retro calculo	38
3.1.2.1.1 Ubicación, Reconocimiento, y registro fotográfico del talud en estudio. ...	38
3.1.2.1.2 Obtención de la geometría del talud en estudio	39
3.1.2.1.3 Geotecnia del talud de estudio.	40
3.1.2.1.4. Retro calculo (retro análisis).....	42

3.1.1.2 Metodología de la granulometría homotética.....	49
3.1.1.2.1 Muestreo y extracción de la muestra del talud fallado en estudio.....	49
3.1.1.2.2 Determinación del perfil estratigráfico	50
3.1.1.2.3 Clasificación del material	51
3.1.1.2.4. Granulometría del material.....	51
3.1.1.2.5 Forma de las partículas.....	53
3.1.1.2.6 Densidad “IN SITU” para gravas	54
3.1.1.2.7 Confección de las curvas paralelas	55
3.1.1.2.8 Densidades secas máximas y mínimas.....	57
3.1.1.2.9 Densidad relativa	59
3.1.1.2.10 Ensayo de corte directo	61
CAPÍTULOS IV: RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN	64
4.1. Resultados de los ensayos realizados	64
4.2. Cuadro y gráficos comparativos de los ensayos	104
5.1. Conclusiones	116
5.2. Recomendaciones.....	117
Referencias Bibliográficas	119
PLANOS	121
Anexos.....	122

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 para determinar la esfericidad y redondez de partículas fuente estudios realizados por Krumbein y Sloss, 1963.....	19
Fig. 2 Deformación volumétrica para diferentes forma de partícula fuente estudios por Lee & Farhoomand, (1967).	20
Fig. 3 Correlación entre emin y emax en suelos granulares gruesos fuente estudios realizados por (Almeida, 2001)	22
Fig. 4 Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material A-1. Fuente estudios realizados por Gesche (2002).....	29
Fig. 5 Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación axial Material A-1. Fuente estudios realizados por Gesche (2002).	30
Fig. 6 Gráficos módulo de deformación (E50) y ángulo de fricción peak v/s nivel de confinamiento Material A-1. Fuente estudios realizados por Gesche (2002).....	31
Fig. 7 Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-2 fuente estudios realizados por De la Hoz 2007.	32
Fig. 8 Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material M-2. Fuente estudios realizados por De la Hoz (2007).	34
Fig. 9 Gráficos módulo de deformación (E50) y ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-2. Fuente estudios realizados por De la Hoz (2007).....	35
Fig. 10 Esquema para determinar la esfericidad y redondez de partículas fuente estudios realizados por Krumbein y Sloss, 1963.....	53
Fig. 11 Curvas escaladas del material extraído del talud fallado estudiado fuente propia	56
Fig. 12 Ubicación de los puntos de estudio en la sección crítica del talud fallado, para determinar la densidad natural insitu fuente elaboración propia	65
Fig. 13 Representación gráfica de la Humedad Natural.....	66
Fig. 14 representación grafica dela curva granulométrica de la muestra original	76
Fig. 15 representación grafica de la curva granulométrica escaladas de Tmax de 6.35 mm, 4.76 mm y 2.00 mm	81
Fig. 16 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra original	88
Fig. 17diagrama de Mohr Coulomb del ensayo de corte de la muestra original	88
Fig. 18 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm	91
Fig. 19 diagrama de Mohr Coulomb del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm.....	91
Fig. 20 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm	94
Fig. 21 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm	94
Fig. 22 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm	97
Fig. 23 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm	97
Fig. 24 resultado del análisis de estabilidad según el método de Bishop.....	99
Fig. 25 resultado del análisis de estabilidad según el método de Spencer	99
Fig. 26 resultado del análisis de estabilidad según el método de Morgenstern – Price	100

Fig. 27 grafico de las variaciones de las densidades máximas y mínimas de las muestras escaladas con respecto al de la muestra original	104
Fig. 28 grafico comparativo entre las muestra original y la muestra escalada y la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm	105
Fig. 29 grafico comparativo entre las muestra escalada de Tmax de 4.76 mm y de Tmax de 2.00 mm.....	106

INDICE DE IMAGENES

Img. 1 Deposito aluvial de la quebrada de Cancha Uran fuente registros de mapas del INGEMMET cuadrangular 28s-i	11
Img. 2 Deposito aluvial de la quebrada de Cancha Uran fuente elaboración propia	12
Img. 3 Mapa geológico de la zona de estudio fuente registros de mapas geológicos del INGEMMET.....	14
Img. 4 Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas para el método de Morgenstein-Price.	46
Img. 5 Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas para el método Spencer	47
Img. 6 Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas en el método de Bishop.....	48
Img. 7 Método B por cuarteo fuente MTC E 103	50
Img. 8 Diagrama del ensayo de TEST PIT fuente elaboración propia.....	54
Img. 9 Obtención de la Densidad “IN SITU” para gravas por el método de “Test Pit” fuente elaboración propia	55
Img. 10 Equipo de corte directo para gravas de molde de acero con diámetro de 25.4 cm	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables fuente elaboración propia.....	5
Tabla 2 petrografía de la grava modelo fuente elaboración propia.....	15
Tabla 3 Limites de suelos por tamaño fuente BRAJA M . DAS	16
Tabla 4 Limites de tamaño de un suelo fuente Braja M. Das	21
Tabla 5 Efecto del tamaño de partícula en la resistencia al corte de enrocados Segovia Herrera .	21
Tabla 6 Ecuaciones de las correlaciones entre e_{min} y e_{max} en suelos granulares gruesos fuente estudios realizados por (Almeida, 2001)	23
Tabla 7 Clasificación de las muestras traídas de la zona estudiada fuente elaboración propia	41
Tabla 8 Métodos seleccionados para el análisis de estabilidad de taludes para el programa slide	44
Tabla 9 Selección de muestra según el Tmax fuente MTC E 106.....	52
Tabla 10 Selección de mallas para el ensayo de granulometría por tamizado fuente MTC E 107	52
Tabla 11 Volumen del agua por gramo de acuerdo a la temperatura fuente normas INVE.....	57
Tabla 12 Datos para el ensayo de densidad de campo por sustitución por agua	64
Tabla 13 Resultados obtenidos del ensayo de densidad en campo fuente elaboracion propia.	65

Tabla 14 Datos para el ensayo de Humedad Natural fuente elaboración propia	65
Tabla 15 Datos para el ensayo de gravedad específica para partículas menores que el tamiz n° 4 muestra original.....	66
Tabla 16 datos ensayo de gravedad específica para partículas entre los tamices n°4 y ¾ muestra original.....	67
Tabla 17 ensayo de gravedad específica para partículas mayores al tamiz ¾ de la muestra original.....	67
Tabla 18 Resultado de la gravedad especifica de la muestra original	67
Tabla 19 peso específico para partículas menores que el tamiz n°4 de la muestra escalada Tmax 6.35 mm	68
Tabla 20 peso específico para partículas entere los tamices n°4 y ¾ de la muestra escalada de Tmax 6.35 mm	68
Tabla 21 resultado de la gravedad especifica de la muestra escalda de Tmax 6.35 mm.....	69
Tabla 22 ensayo de peso específico para partículas menores al tamiz n°4 de la muestra escalada de Tmax 4.76 mm.....	69
Tabla 23resultados de la gravedad especifica de la muestra escalada de Tmax 4.76 mm	70
Tabla 24 peso específico para partículas menores al tamiz n°4 de la muestra escalada Tmax 2.00 mm.....	71
Tabla 25 resultado de la gravedad especifica de la muestra escalada de Tmax 2.00 mm	71
Tabla 26datos de la muestra original para determinar el grado de saturación.....	71
Tabla 27 resultados obtenidos del grado de saturación de la muestra original.....	72
Tabla 28 datos de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm para determinar el grado de saturación	72
Tabla 29 resultados obtenidos del grado de saturación de la muestra escalda de Tmax de 6.35 mm	73
Tabla 30 datos de la muestra escalada de Tmax 4.76 mm para determinar el grado de saturación	73
Tabla 31 resultados obtenidos del grado de saturación de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm.....	73
Tabla 32 datos de la muestra escalda de Tmax de 2.00 mm para determinar el grado de saturación	74
Tabla 33 resultados obtenidos del grados de saturación de la muestra escalda de Tmax 2.00 mm	74
Tabla 34 datos para la granulometría de la muestra original y resultados.....	75
Tabla 35 datos para la clasificación de suelos según SUCS de la muestra original	76
Tabla 36 datos para la clasificación de suelos según AASHTO de la muestra original	77
Tabla 37 datos para la granulometría de la muestra escalada de Tmax 6.35 mm y sus resultados	78
Tabla 38 datos para la granulometría de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm y sus resultados	79
Tabla 39 datos para la granulometría dela muestra escalada de Tmax de 2.00 mm y sus resultados	80
Tabla 40 datos y resultados del número de golpes según la ecuación de la energía	82
Tabla 41 datos para determinar la densidad máxima de la muestra original	82
Tabla 42 resultados obtenidos de la densidad max y min de la muestra original	83
Tabla 43 resultados obtenidos de e, emax, emin y DR de la muestra original	83
Tabla 44 datos y resultados de las densidades max y min de la muestra escalada de Tmax 6.35 mm.....	83

Tabla 45 resultados obtenidos de e, e _{max} , e _{min} y DR de la muestra escalada de T _{max} de 6.35 mm.....	84
Tabla 46 datos y resultados obtenidos de las densidades max y min de la muestra escalada de T _{max} de 4.76 mm.....	84
Tabla 47 resultados obtenidos de e, e _{max} , e _{min} y DR de la muestra escalada de T _{max} de 4.76 mm.....	84
Tabla 48 datos y resultados de las densidades max y min de la muestra escalada de T _{max} de 2.00 mm.....	85
Tabla 49 resultados obtenidos de e, e _{max} , e _{min} y DR de la muestra escalada de T _{max} de 2.00 mm.....	85
Tabla 50 preparación de las muestras originales y escaladas para el ensayo de corte directo	86
Tabla 51 condiciones iniciales de la muestra original antes de ensayarlo.....	86
Tabla 52 descripción de las cargas normal y tangencial para el ensayo de corte a gran escala.....	87
Tabla 53 resumen de los resultados obtenidos de las deformaciones tangenciales y esfuerzo tangencial (kg/cm ²).....	87
Tabla 54 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalada.....	88
Tabla 55 parámetros de la muestra escalada de T _{max} de 6.35 mm para el ensayo de corte.....	89
Tabla 56 parámetros del ensayo de corte para la muestra escalada de T _{max} de 6.35 mm.....	89
Tabla 57 resultados obtenidos de la deformación tangencial y el esfuerzo cortante en el ensayo de corte directo de la muestra escalada de T _{max} 6.35 mm.....	90
Tabla 58 resumen de los esfuerzos pico normal y tangencial de la muestra escalada de T _{max} de 6.35 mm	91
Tabla 59 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalada de T _{max} de 6.35 mm.....	92
Tabla 60 parámetros de la muestra escalada de T _{max} de 4.76 mm para el ensayo de corte.....	92
Tabla 61 parámetros del ensayo de corte para la muestra escalada de T _{max} de 4.76 mm.....	92
Tabla 62 resultados obtenidos de la deformación tangencial y el esfuerzo cortante en el ensayo de corte directo de la muestra escalada de T _{max} 4.76 mm.....	93
Tabla 63 resumen de los esfuerzos pico normal y tangencial de la muestra escalada de T _{max} de 4.76 mm	94
Tabla 64 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalada de T _{max} de 4.76 mm.....	95
Tabla 65 parámetros de la muestra escalada de T _{max} de 2.00 mm para el ensayo de corte.....	95
Tabla 66 parámetros del ensayo de corte para la muestra escalada de T _{max} de 2.00 mm.....	95
Tabla 67 resultados obtenidos de la deformación tangencial y el esfuerzo cortante en el ensayo de corte directo de la muestra escalada de T _{max} 2.00 mm.....	96
Tabla 68 resumen de los esfuerzos pico normal y tangencial de la muestra escalada de T _{max} de 2.00 mm	97
Tabla 69 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalada de T _{max} de 4.76 mm.....	98
Tabla 70 resultados del análisis de sensibilidad del factor de seguridad con respecto al ángulo de fricción según el método de Bishop	101
Tabla 71 resultados del análisis de sensibilidad del factor de seguridad con respecto al ángulo de fricción según el método de Spencer.....	102
Tabla 72 resultados del análisis de sensibilidad del factor de seguridad con respecto al ángulo de fricción según el método Morgenstern- Price	103

Tabla 73 resumen de los resultados obtenidos según el método de corte directo a gran escala, granulometría homotética y retro calculo	104
Tabla 74 resultados obtenidos de la gravedad especifica de la muestra original y las muestras escaladas	109
Tabla 75 resultados obtenidos del ensayo de corte a deformación controlada y a gran escala ...	110
Tabla 76 resultados obtenidos por los métodos de Retro calculo y granulometría homotética. ..	115

Introducción

El notable aumento de grandes obras de ingeniería, donde se incluye la utilización de material granular grueso, ha derivado la necesidad de mejorar el conocimiento de los ingenieros sobre el comportamiento del suelo gravoso y la resistencia al corte de este tipo de materiales utilizando metodologías alternas.

Generalmente, para obtener la resistencia al corte de suelos se utilizan triaxiales convencionales en los cuales sólo pueden ser utilizadas partículas de hasta 1” de tamaño máximo nominal, en la presente investigación se utilizó el equipo de corte directo convencional de molde circular (8cm de diámetro x 7.6 cm de altura)

Sin embargo, es común el uso de materiales gruesos con tamaño de partículas mayores a 3”, lo que implica la necesidad de conocer y estudiar metodologías que permitan la estimación de la resistencia al corte y el comportamiento de estos materiales, utilizando la parte menos gruesa posible para así poder ensayar este tipo de material en laboratorio.

Existen metodologías de estimación de la resistencia al corte en suelos gravosos, las cuales son:

- Método de corte, Método de corte y reemplazo, Método de la matriz y **Método de curvas paralelas (granulometría homotética)**

El alcance de esta tesis de investigación comprende el estudio de la metodología de granulometría homotética y retro cálculo, utilizando muestras alteradas provenientes de la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco. La importancia de este estudio radica en su aporte al desarrollo de metodologías para caracterizar un suelo con partículas de sobre-tamaño, lo cual es muy beneficioso desde un punto de vista económico cuando se requiere el estudio en suelos granulares con partículas de sobre tamaño puesto que el estudio es dificultoso por falta de equipos a gran escala.

CAPITULO I ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

1.1.2. Problema general

¿Cuál será la eficiencia de los métodos de la granulometría homotética y retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018?

1.1.3. Problemas específicos

¿Qué influencia tendrá el factor escala en la metodología de la granulometría homotética para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018?

¿Cuál será la influencia de la variación del porcentaje de gravas en la metodología de la granulometría homotética para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018?

¿Qué influencia tendrán los métodos de estabilización en el análisis por retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018?

¿Cuál será la influencia del análisis de sensibilidad en el análisis por retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivos generales

Evaluar la eficiencia de los métodos de la granulometría homotética y retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

1.2.2. Objetivos específicos

Estudiar la influencia del factor de escala en la metodología de la granulometría homotética para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

Evaluar la influencia de la variación del porcentaje de gravas en la metodología de la granulometría homotética para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

Estudiar la influencia de los métodos de estabilidad en el análisis por retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

Evaluar la influencia análisis de sensibilidad en el análisis por retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

1.3. Hipótesis de la investigación

1.3.1. Hipótesis generales

Los métodos de la granulometría homotética y retro cálculo son eficientes para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

1.3.2. Hipótesis específicos

El factor de escala influye directamente en la obtención de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

La variación del porcentaje de gravas tiene relación directa con la metodología de la granulometría homotética para determinar de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

Los métodos de estabilidad tienen influencia directa en el análisis por retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

La influencia del análisis de sensibilidad influye directamente en el análisis por retro cálculo para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos en talud, en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco 2018.

1.4. Variables de la investigación

1.4.1. Variables

Variable Independiente (X)

Parámetros de resistencia al corte de suelos gravosos.

Variable Dependiente (Y)

Métodos de la granulometría homotética y retro cálculo.

1.4.2. Operacionalización de variable

Variables	Factores	Medición
Variables independiente (X) Parámetros de resistencia al corte de suelos gravosos	Angulo de fricción	Grados(°)
	Cohesión	Kg/cm2
Variables dependientes(Y) Métodos de la granulometría homotética y retro calculo	Granulometría homotética	(%) Que pasa
	Retro calculo	(°) Kg/cm2

Tabla 1 Operacionalización de variables fuente elaboración propia

1.5. Limitaciones

Los suelos gravosos son materiales poco estudiados, debido a la estructura granular que presenta este tipo de suelos y al gran tamaño de sus componentes como bolones, cantos rodados, gravas y finos generando así que las partículas se dispongan a apoyarse directamente unas con otras no habiendo presencia de material cementante, y esto genera dificultades tanto en la investigación como en la obtención de muestras inalteradas para la realización de ensayos especiales en laboratorio.

Los recursos financieros también son una de las grandes limitaciones para realizar los ensayos especiales en laboratorio, puesto que se requieren equipos a gran escala los cuales son necesarios

para determinar los parámetros de resistencia al corte de un suelo gravoso ya que este tipo de proyecto de investigación necesita una inversión alta para el estudio en el campo y en laboratorio.

1.6. Justificación

La importancia del presente estudio radica en determinar la eficiencia de los métodos de granulometría homotética y retro cálculo para su aporte e implementación al desarrollo de metodologías alternas que permitan determinar las propiedades de resistencia al corte de un suelo con partículas de sobre-tamaño, para esto se utilizó el material granular proveniente del talud deslizado de origen aluvial de la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis, lo cual es muy beneficioso desde un punto de vista económico puesto que ya no serán necesarios el uso de equipos a gran escala para realizar estudios geotécnicos para la elaboración de proyectos en suelos granulares.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes de la investigación a nivel nacional

(Segovia Herrera, 2012) Afirma que en el país no existen equipos a gran escala de ensayo triaxial y tampoco se hacen uso de métodos alternativos para ensayar materiales mayores a 3 pulgadas de diámetro. Es usual recurrir a ensayos de corte directo in situ, tamizar material que es posible usar en equipos convencionales mediante métodos que no necesariamente representan al material que se estudia.

(Segovia Herrera, 2012) Afirma que existen métodos alternativos tales como: método de corte, método de corte y remplazo, método de las mezclas y el método de las curvas paralelas u homotéticas que hacen uso de equipos convencionales y la fracción menos gruesa. Esto hace posible determinar parámetros de resistencia al corte en materiales granulares gruesos.

2.1.2. Antecedentes de la investigación a nivel internacional

(Besio Hernandez, 2012) Llega a la conclusión que a pesar del ensayo a 10 [kgf/cm²], fue posible replicar la resistencia máxima desarrollada en los ensayos triaxiales de gran escala mediante el método de las curvas homotéticas.

(Besio Hernandez, 2012) Afirma que la igualdad de resistencias máximas entre curvas homotéticas no se obtuvo al crear muestras con similar índice de vacíos, siendo necesario variar este parámetro en los ensayos realizados a la muestra escalada hasta lograr la resistencia máxima deseada.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Factor escala

Según (J. Marsal & Resendiz, 1979) Holtz y Gibbs(1956), e independientemente Leslie (1963) realizaron investigaciones sobre el efecto de la relación dp/dg en los resultados de pruebas triaxiales, concluyendo que la dimensión de probeta no influye siempre que sea suficientemente grande comparada con el diámetro nominal de la fracción gruesa (FG). Pero si la relación dp/dg es menor de 5 y el suelo tiene alto porcentaje de partículas grandes ($FG > 30$ por ciento); entonces la resistencia al corte aumenta en forma significativa.

(J. Marsal & Resendiz, 1979) Afirma que el estudio más reciente de Fumagalli (1969) muestra que el efecto de la dimensión del espécimen puede ser apreciable a un para valores de dp/dg mayores de 50, en ensayos de compresión unidimensional; según estas pruebas la compresibilidad aumenta cuando la relación dp/dg crece, particularmente en suelos de granulometría uniforme.

2.2.2. Granulometría homotética

La granulometría homotética según (De La Hoz, 2007) es escalar la granulometría del suelo original a una curva granulométrica de menor tamaño de partículas de tal forma que tenga el mismo Coeficiente de uniformidad (CU) y Coeficiente de gradación (CC), y asumiendo que se mantienen las mismas características propias de las partículas como son la dureza, forma y peso específico de los sólidos.

2.2.3. Retro calculo

(Arrellano & Correa, 1999) Afirman que el análisis de retro cálculo (retrospectivo) es usado comúnmente en la ingeniería geotécnica para estimar la resistencia *in situ* del suelo. Esta resistencia se representa generalmente por los parámetros de resistencia al corte en tensiones

efectivas de Mohr-Coulomb, cohesión c y ángulo de fricción interna ϕ . El análisis de retrospectivo de fallas de taludes es un método efectivo que incorpora importantes factores que muchas veces no son bien representados en ensayos de laboratorio, tales como la estructura del suelo, la homogeneidad, influencia de fisuras en la resistencia al corte y el efecto de planos de debilidad dentro de la masa de suelo.

2.2.4. Petrografía

La **Petrografía** es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación visual macroscópica o microscópica de *láminas delgadas* derivadas de las rocas, clasificándolas según su textura y composición mineralógica. Este tipo de análisis revela ciertas características, propiedades inherentes de la roca y la relación que existen entre ellos, y esto es de gran ayuda para determinar la composición de la roca centrándose principalmente en la naturaleza y origen del espécimen evaluado.

2.2.5 Tipos de gravas

2.2.5.1 Según su origen

(Braja M., 2001) Afirma que la mayoría de los suelos que cubren la tierra están formados por el intemperismo de varias rocas. Existen dos tipos generales de intemperismo: (1) mecánico y (2) químico.

Según (Braja M., 2001) el ***intemperismo mecánico*** es el proceso por el cual las rocas se fracturan en piezas de menor tamaño bajo la acción de fuerzas físicas, como la corriente de agua de los ríos, vientos, olas oceánicas, hielo glacial, acción de congelamiento, además de expansiones y contracciones causadas por ganancia y pérdida de calor.

El intemperismo químico es el proceso de descomposición química de la roca original. En el caso de intemperismo mecánico, la roca se fractura en piezas menores sin cambiar su

composición química. Sin embargo, en el intemperismo químico el material original se cambia a otro totalmente diferente. Por ejemplo el intemperismo químico de los feldspatos puede producir minerales arcillosos. (Braja M., 2001)

(Braja M., 2001) Afirma que el suelo producido por el intemperismo de rocas llega a ser transportado mediante procesos físicos a otros lugares estos depósitos se llaman *suelos transportados* por otra parte algunos suelos permanecen donde se forman y cubren la superficie rocosa de la que se originan y se conocen como *suelos residuales*.

Según sea el *agente de transporte*, los suelos transportados pueden subdividirse en tres categorías principales:

1. *Aluviales o fluviales*: son depositados por corriente de agua
2. *Glaciales*: depositados por la acción de glaciales
3. *Eólicos*: depositados por la acción de vientos

2.2.5.1.1 Gravas de origen aluvial

(Braja M., 2001) Afirma que los depósitos de suelos aluviales son generados por la acción de corrientes de agua y ríos, se dividen en dos categorías principales: (1) depósitos de corrientes interconectadas y (2) depósitos causados por el serpenteo meandrónico de corrientes.

- **Depósitos de corrientes interconectadas**

Según (Braja M., 2001) Las corrientes interconectadas son de rápido flujo y alto gradiente. Son altamente erosivas y arrastran grandes cantidades de sedimentos. Debido al largo acarreo de fondo, un cambio pequeño en la velocidad del flujo ocasiona el depósito de sedimentos y así generan una compleja maraña de canales convergentes separados por bancos e islotes de arena y sus características comunes son:

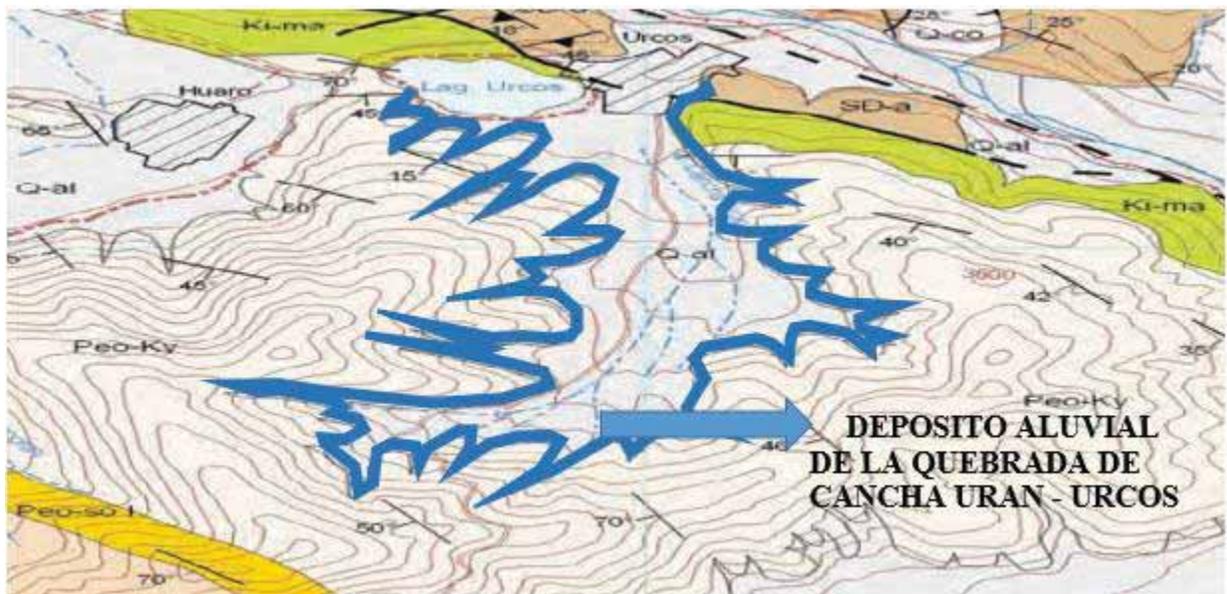
- Los tamaños de los granos varían generalmente entre los de la grava y limos.

- Aunque el tamaño de los granos varía ampliamente, el suelo en una lente o bolsón dado es bastante uniforme.
- En cualquier profundidad la relación de vacíos y el peso unitario pueden variar enormemente dentro de una distancia lateral de solo unos pocos metros.

- **Depósitos de cinturones meandricos**

(Braja M., 2001) afirma que el piso de un valle en que se mueve un río en tal forma se denomina *cinturón meandrico*. En un río meandrico, el suelo de sus orillas es continuamente erosionado donde es cóncavo y es depositado en los puntos en el que el borde es convexo. Estos depósitos se llaman *banco de arena* y consisten generalmente en partículas de arena y en arcillas de tamaño de limos. Algunas veces, durante el proceso de erosión y depósito el río abandona un meandro y toma una trayectoria más corta.

Como un ejemplo tenemos en Urcos el depósito de rígen aluvial de la quebrada de Cancha Uran formada por el río Cancha Uran la cual está ubicada al sur de la plaza de armas de Urcos la cual es detallada en la figura 1 y 2.



Img. 1 Depósito aluvial de la quebrada de Cancha Uran fuente registros de mapas del INGEMMET cuadrangular 28s-i



Img. 2 Deposito aluvial de la quebrada de Cancha Uran fuente elaboración propia

2.2.5.1.2. Gravas coluviales

Según (Shuan, 2011) Son materiales transportados por gravedad, acción de hielo-deshielo o agua, son producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte, se les puede ubicar en la pendiente de las laderas y al pie de los cerros. Su composición depende del tipo de roca de la cuenca o subcuenca y están formadas por fragmentos angulosos en las subcuencas y subredondeados en la cuenca, englobados en matriz limo arcilloso, arena limosa o arena arcillosa. Frecuentemente están asociados a masas inestables y susceptibles de presentar asentamientos, sobre todo en los materiales poco consolidados.

2.2.5.1.3. Depósitos glaciales

Según (Gonzales de Vallejo, 2002) Son depósitos transportados y depositados por el hielo o por el agua de deshielo. Están formados por tillitas y morrenas. Su composición es muy heterométrica y la distribución es altamente errática. Los depósitos fluvio-glaciares contienen fracciones desde gravas gruesas a arcillas; están algo estratificados y su granulometría decrece con la distancia al

frente glaciar. Sin embargo, los de origen lacustre-glaciar presentan fracciones más finas, predominando las arcillas y las estructuras laminadas, típicas de las arcillas varvadas.

Según (Gonzales de Vallejo, 2002) La heterogeneidad y anisotropía es la característica típica de estos depósitos, pues coexisten desde las arcillas hasta las gravas gruesas y grandes bloques (...). Por tanto, las propiedades geotécnicas son altamente variables. Al estar la permeabilidad directamente relacionada con la granulometría, estos suelos son muy sensibles a los incrementos de presión intersticial producidos por lluvias torrenciales y por el deshielo. En estos depósitos son muy frecuentes los fenómenos de solifluxion y de inestabilidad de laderas. La investigación geotécnica es compleja, y los espesores pueden ser igualmente muy variables, siendo frecuentes las potencias elevadas.

2.2.5.1.4. Depósitos eólicos de suelo

(Braja M., 2001) Afirma que el viento es también un agente importante de transporte que conduce a la formación de depósitos de suelos. Cuando grandes áreas de arena se encuentran expuestas, el viento puede desplazarlas y redepositarlas en algún otro lugar. Los depósitos de arena desplazadas toman generalmente la forma de dunas al formarse las dunas, la arena es desplazada sobre la cresta sobre el viento. Más allá de la cresta, las partículas de arena redan hacia abajo por la pendiente. Este proceso tiende a formar un depósito compacto de arena sobre el lado expuesto del viento y un depósito suelto sobre el lado opuesto del viento.

2.2.5.2. Por la petrografía

Según (Gonzales de Vallejo, 2002) la identificación de las rocas se establece a partir de su composición y de su textura o relaciones geométricas de sus minerales. A estos criterios descriptivos se unen las características genéticas, cuando estas pueden ser deducidas de la

paragénesis mineral, composición química, forma y estructura del yacimiento, y de las relaciones temporales y espaciales con otras rocas.

Las observaciones más prácticas son:

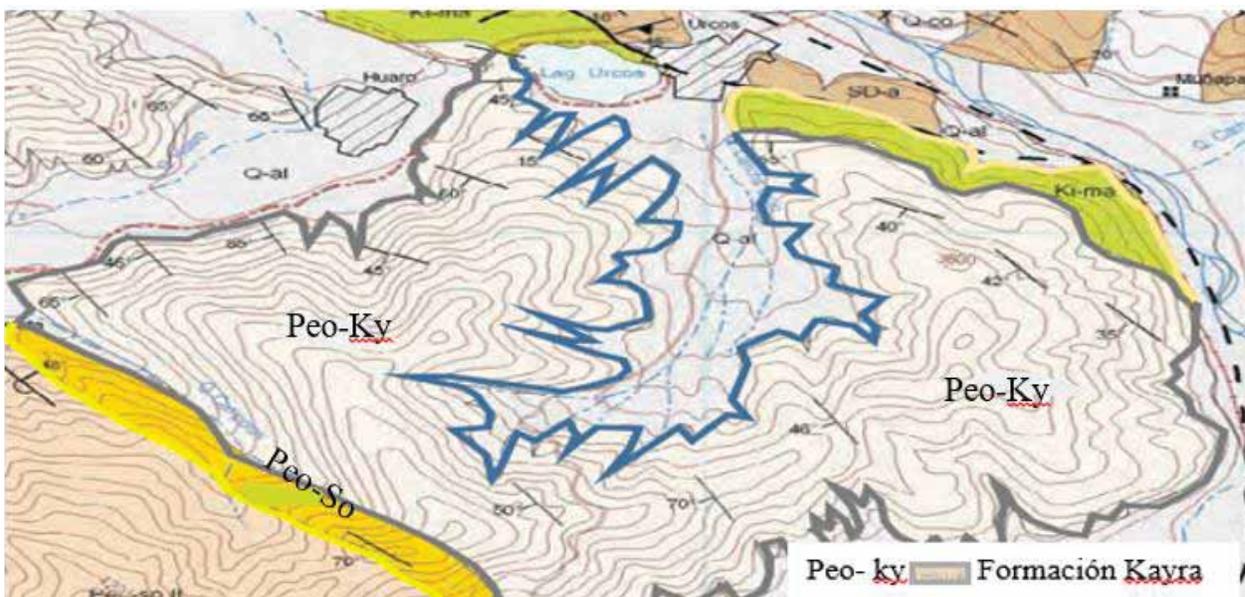
- Composición mineralógica.
- Forma y tamaño de los granos.
- Color y transparencia.
- Dureza.

Para la presente investigación se realizó un estudio del material según su origen y su petrografía

- **Estudio de origen y petrografía de suelos gravosos de la zona de estudio**

Origen

El área del proyecto de investigación se encuentra en la formación Kayra perteneciente al grupo San Jerónimo, sobre esta sobreyace la Formación Sonco. Los afloramientos que se presentan en la formación Kayra son de manera caótica conformados por cuarcita y areniscas feldespáticas como sepuede observar en la Imagen 3.



Img. 3 Mapa geológico de la zona de estudio fuente registros de mapas geológicos del INGEMET

La zona de estudio de la quebrada de Cancha Uran está conformada por micro conglomerado de clastos de diferente naturaleza principalmente cuarcitas en general. Estas secuencias se encuentran bien estratificadas conformando así el piso de valle de la quebrada de Cancha Uran con depósitos aluviales de grava de baja consolidación con matrices limo arenosos las cuales presentan fuerte fracturamiento por los procesos de carcavamiento.

Petrografía

Análisis petrográfico macroscópico del material gravoso

En la presente investigación se efectuó análisis petrográfico macroscópico de las gravas predominantes de las muestras tomadas en campo. Se seleccionó las gravas de mayor presencia y se agrupó en una sola muestras de características similares, lográndose identificar algunos minerales esenciales con ayuda de una lupa. En la Tabla 2 se resume las propiedades como: Roca Madre, Textura, Origen, Color, Minerales esenciales, Grado de meteorización, Tipo de roca, Minerales secundarios.

Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos y geo mecánica de rocas “**ALLPA LABORATORIO**”.

Roca madre	Arenisca
Tipo de roca	Sedimentaria
Origen	Aluvial
Color	Gris oscuro
Textura	Afanítica (no se ve a simple vista los minerales)
Minerales esenciales	Cuarzo - Feldespato
Grado de meteorización	Mediana – Alta
Minerales secundarios	Biotita (micas negras), flogopita (micas blancas)

Tabla 2 petrografía de la grava modelo fuente elaboración propia

2.2.5.3. Por su distribución granulométrica

Según (Braja M., 2001) en cualquier masa de suelo. Los tamaños de granos varían considerablemente. Para clasificar apropiadamente un suelo se debe conocer su *distribución granulométrica*. La distribución granulométrica de suelos de *grano grueso* es generalmente determinada mediante análisis *granulométrico por mallas*.

Un análisis granulométrico por mallas se efectúa tomando una cantidad medida de suelos seco, bien pulverizado y pasándolo a través de una serie de mallas cada vez más pequeñas y con una charola en el fondo. La cantidad de suelo retenido en cada malla. Este porcentaje es generalmente denominado el “*porcentaje que pasa*” (Braja M., 2001).

Límites y tamaño para suelos

(Braja M., 2001) afirma que varias organizaciones han intentado desarrollar los límites de tamaños para gravas, arenas, limos y arcillas en base a los tamaños de las partículas en los suelos. La tabla 3 presenta los límites de tamaño recomendados en el sistema de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y en el sistema Unified Soil Classification (SUCS).

Sistema de clasificación	Tamaño del grano (mm)
Unificado	Grava: 75 mm a 4.75 mm Arena: 4.75 mm a 0.075 mm Limo y arcilla (finos): <0.075 mm
AASHTO	Grava: 75 mm a 2 mm Arena: 2 mm a 0.05 mm Limo: 0.05 mm a 0.002 mm Arcilla: <0.002 mm

Tabla 3 Límites de suelos por tamaño fuente BRAJA M. DAS

2.3 Características de un suelo granular

Las variables de estado corresponden a las propiedades que posee un suelo en cuanto a sus parámetros intrínsecos (los cuales no cambian para un material) y los parámetros de estado que dependen de las condiciones o estados del suelo.

2.3.1 Variables intrínsecas del material granular

A continuación se presentan los parámetros intrínsecos más importantes que controlan la resistencia al corte de los materiales granulares gruesos. En especial se tratará la dureza, forma y tamaño de partículas, junto con la gradación de la muestra (Dorador Ortiz, 2010).

2.3.1.1 Granulometría del material

Según (J. Marsal & Resendiz, 1979) las propiedades mecánicas de un cuerpo granular dependen de la forma y rugosidad de los granos y de la composición granulométrica.

Las dimensiones de las partículas en suelos granulares usualmente se obtienen por medio de un análisis granulométrico por mallas. De esta manera el material se divide en fracciones, a cada una de las cuales le corresponde un diámetro nominal y un peso expresado como porcentaje del total. En casos especiales, cada fracción contiene partículas de diferentes tamaños y el diámetro nominal puede desviarse del valor promedio; es necesario señalar que las determinaciones de la dimensión promedio de los granos y el diámetro nominal dan una relación cercana a la unidad. Cuando se hace un análisis extensivo a las relaciones de superficie y de volumen, las discrepancias entre los valores calculados con el diámetro nominal y los evaluados utilizando la dimensión promedio, se hacen notables. Para corregir estas discrepancias se utiliza una relación volumétrica definida como factor de forma (Garnica Anguas, Gomez Lopez, & Suarez y Araujo, 1997).

2.3.1.2 Dureza de partículas

Según (Segovia Herrera, 2012) la dureza de las partículas está relacionada directamente con el tamaño de partículas que tienen las muestras debido a que las partículas de gran tamaño contienen micro-fisuras o vetillas que forman planos de debilidad a través de los cuales se produce la rotura. Estas irregularidades no se presentan en las partículas de menor diámetro, lo cual aumenta su resistencia como partícula individual.

Lo & Roy (1973) llevaron a cabo ensayos triaxiales drenados a compresión en tres tipos de materiales de similar granulometría inicial y de tamaño máximo 0.5 mm. Los materiales utilizados son óxido de aluminio (aluminum oxide), cuarzo (quartz) y piedra caliza (limstone), en orden decreciente de resistencia de partículas. Los ensayos triaxiales fueron realizados en un amplio rango de presiones de confinamiento desde 25 psi (1,8 kg/cm²) a 1600 psi (112.5 kg/cm²), donde se comprobó que el material de baja resistencia presenta mayor rotura de partículas, lo que implica una mayor deformación volumétrica durante los ensayos.

2.3.1.3 Forma de las partículas

Según (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 2005) En los suelos gruesos la forma característica es la equidimensionalidad, en la cual las tres dimensiones de la partícula son de magnitud comparable. Se origina por la acción de los agentes mecánicos desintegradores y solo excepcionalmente corresponden a partículas que hayan sufrido algún ataque químico. Según la intensidad y el lapso con que estos agentes mecánicos hayan actuado, se producen variedades en la forma equidimensional, de las cuales pueden considerarse la redondeada, la subredondeada, la subangulosa y la angulosa, en escala decreciente a los ataques de los agentes desintegradores. La forma redonda es prácticamente la esférica, mientras la angulosa es la que presenta aristas y vértices aguzados. Cuando estos vértices y aristas están redondeados por el efecto de rodeado y abrasión

mecánica, se tiene la forma subangulosa, la que por un proceso más intenso de la erosión puede devenir a la forma subredondeada final.

La esfericidad y redondez puede ser estimada en forma visual al realizar comparaciones con gráficos, como el que se muestra en la Figura 1.

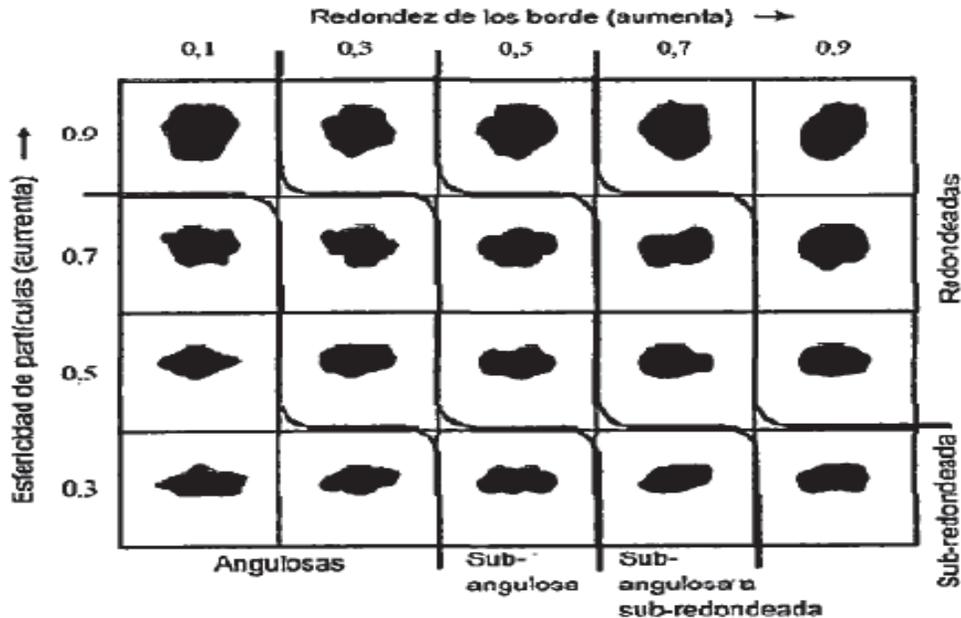


Fig. 1 para determinar la esfericidad y redondez de partículas fuente estudios realizados por Krumbein y Sloss, 1963

(Lee & Farhoomand, 1967) Comprobaron que un suelo granular anguloso es más compresible que un suelo granular sub-redondeado, como se observa en la Figura 2, esto se debe a que su resistencia a la rotura es relativamente menor, pues en sus bordes angulosos se produce una mayor concentración de tensiones. No obstante, a presiones elevadas, el aumento de las fuerzas de contacto genera un intenso grado de fractura tanto en partículas angulosas como para redondeadas. Según los ensayos triaxiales con aplicación de vacíos realizados por Vallerga en 1957 en partículas de igual origen y granulometría uniforme, obtuvieron que las partículas angulosas desarrollan un ángulo de fricción interna mayor que las partículas sub-redondeadas).

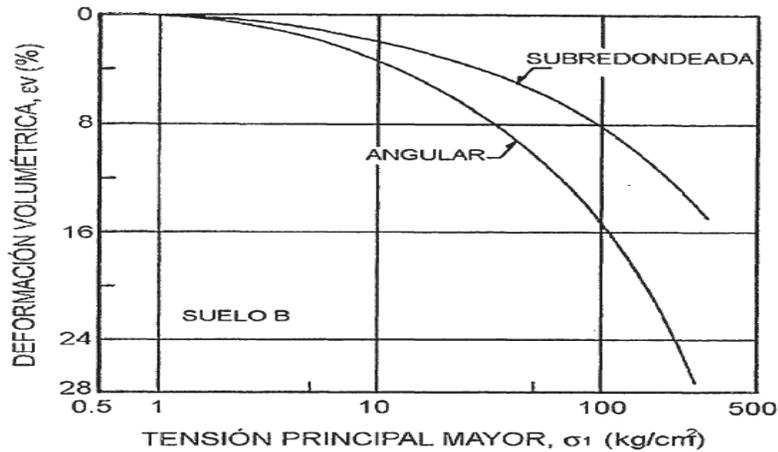


Fig. 2 Deformación volumétrica para diferentes forma de partícula fuente estudios por Lee & Farhoomand, (1967).

2.3.1.4 Tamaño de partículas

(Braja M., 2001) Afirma que independientemente del origen del suelo, los tamaños de las partículas, en general, que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos en general son llamados *grava, arena, limo o arcilla*, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. Para describir los suelos por el tamaño de sus partículas, varias organizaciones desarrollaron límites de *tamaño de suelo separado*. La tabla 4 muestra los límites de tamaño de suelo separado desarrollados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del Transporte (AASHTO), el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, y la Oficina de Restauración de Estados Unidos. En esta tabla, el sistema MIT se presenta únicamente para fines ilustrativos porque juega un papel importante en la historia del desarrollo de los límites de tamaño de suelo separado. Sin embargo, en la actualidad el Sistema Unificado es casi universalmente aceptado. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ha sido adoptado por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Tamaño del grano en mm

Nombre de la organización	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (es decir, limos y arcillas) < 0.075	

Tabla 4 Límites de tamaño de un suelo fuente Braja M. Das

Esta característica ha sido estudiada por diferentes autores y han llegado a distintas conclusiones como se aprecia en la Tabla 5 (Segovia Herrera, 2012).

Investigador	D máximo mm	ensayo	metodología de ensayo	conclusión
Marachi (1972)	152	compresión triaxial drenada	granulometrías paralelas	el ángulo de fricción disminuye con el aumento del tamaño de partículas
Varadarajan (2003)	80	compresión triaxial drenada	granulometrías paralelas	Para el embalse Ranjit Sagar el ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de la partícula. Para el embalse Purulia el ángulo de fricción disminuye al incrementar el tamaño de la partícula.
Cea et al (1994)	25	compresión triaxial drenada	granulometrías paralelas	El ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de partículas.
Frassoni (1982)	35	compresión triaxial drenada	granulometrías paralelas	el ángulo de fricción disminuye ligeramente con el aumento del tamaño de partículas
Thiers & Donovan (1981)	63.5	compresión triaxial drenada	granulometrías paralelas modificada para disminuir la cantidad de finos	el ángulo de fricción disminuye con el aumento de tamaño de las partículas
Gesche (2002)	37.5	compresión triaxial drenada	granulometrías paralelas limitado al contenido de finos al 10%	el efecto del tamaño máximo de las partículas sobre el ángulo de fricción interna es despreciable
Marshall (1965)	200	compresión triaxial drenada	granulometrías con el mismo Cu	el ángulo de fricción disminuye con el aumento de tamaño de las partículas
Donaghe & Torrey (1979)	75	compresión triaxial no drenada	granulometría realizada por medio de corte y remplazo	el ángulo de fricción aumenta al incrementar el tamaño de partículas

Tabla 5 Efecto del tamaño de partícula en la resistencia al corte de enrocados Segovia Herrera

2.3.1.5 Densidades de la muestra seca

(Segovia Herrera, 2012) Afirma que el parámetro más utilizado para representar un grado de compactación de materiales no cohesivos es la densidad relativa, DR. No obstante, debido al tamaño de las partículas que tienen los suelos granulares, existen dificultades experimentales en la determinación de densidades máximas y mínimas de estos materiales. Una alternativa para controlar esta dificultad es la utilización de correlaciones entre el índice de vacío mínimo y otros parámetros de determinación más expedita. Por ejemplo en la Figura 3 se muestra la correlación entre el índice vacíos máximo y el índice de vacío mínimo para enrocados y arenas.

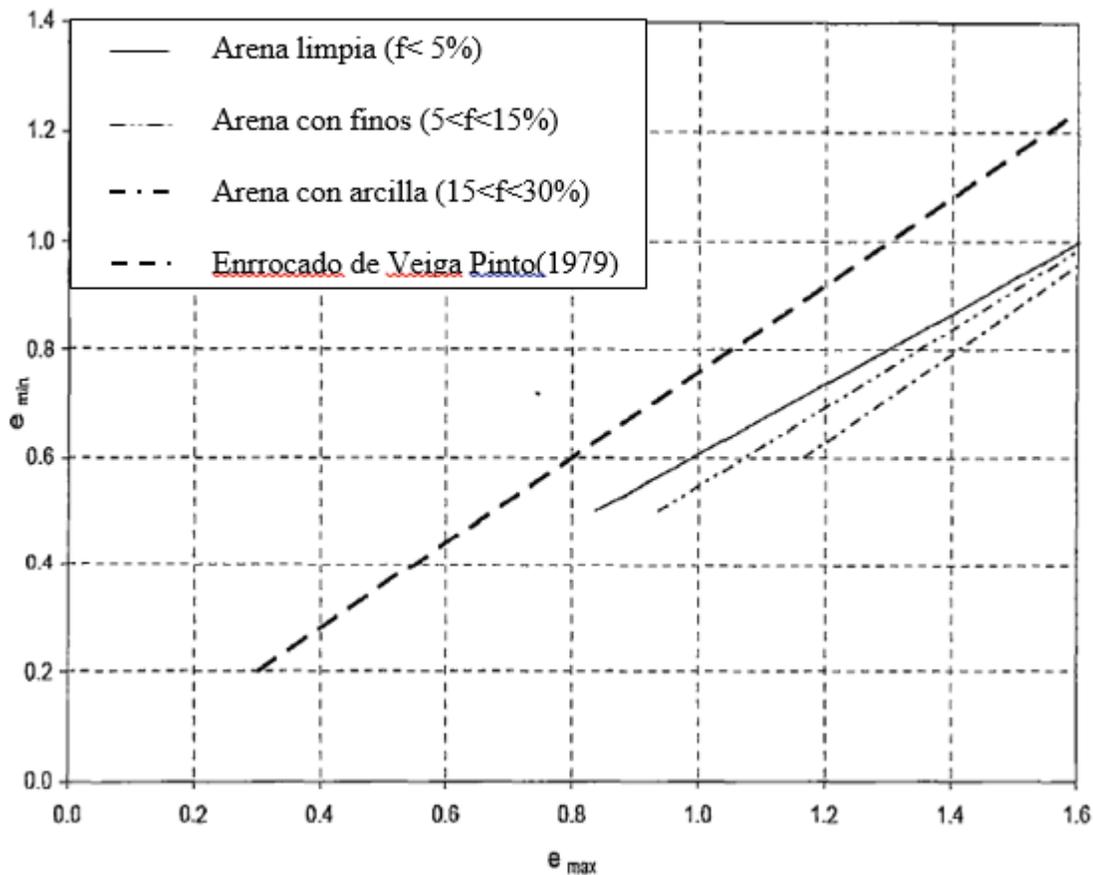


Fig. 3 Correlación entre e_{min} y e_{max} en suelos granulares gruesos fuente estudios realizados por (Almeida, 2001)

tipo de suelos	procedimeinto de ensayo	ecuacion
Arena limpia (f<5%)(Cubrinovski & Ishihara, 2002)	JGS Standars	$e_{min} = 0.65 e_{max} - 0.047$
Arena con finos (5<f<15%)de japon(Cubrinovski & Ishihara, 2002)	JGS Standars	$e_{min} = 0.73 e_{max} - 0.182$
Arena con arcilla (15<f<30%)de japon(Cubrinovski & Ishihara, 2002)	JGS Standars	$e_{min} = 0.83 e_{max} - 0.364$
Enrocado de Veiga Pinto(1979)	no convencionales	$e_{min} = 0.80 e_{max} - 0.040$

Tabla 6 Ecuaciones de las correlaciones entre e_{min} y e_{max} en suelos granulares gruesos fuente estudios realizados por (Almeida, 2001)

2.3.1.6 Densidad relativa

(E. Bowles, 1982)La densidad relativa es una medida de la relación de vacíos insitu en, referida a los valores del laboratorio de los índices de huecos máximo y mínimo, como

$$D_r = \frac{e_{max} - e_n}{e_{max} - e_{min}}$$

La densidad relativa también puede expresarse en función de los pesos unitarios secos máximos (γ_{max}), mínimo (γ_{min}) e insitu (γ_n) como

$$D_r = \frac{\gamma_{max} \gamma_n - \gamma_{min}}{\gamma_n \gamma_{max} - \gamma_{min}}$$

La razón para emplear la densidad relativa es que el muestreo sin perturbación de arenas sin cohesión y de gravas insitu es casi imposible; en consecuencia, el ensayo de penetración se emplea ampliamente.

2.4. Resistencia al corte en materiales granulares gruesos.

(Gonzales de Vallejo, 2002) Afirma que la mayor o menor resistencia de un suelo granular depende también de algunos otros factores, entre los que cabe destacar **la forma de las partículas, la distribución granulométrica y el tamaño de los granos**. En los tres casos citados la influencia sobre la resistencia es sencilla e intuitiva. Así, en lo que respecta a la forma resulta evidente que será más sencillo hacer deslizar o rodar entre si partículas redondeadas que granos angulosos e irregulares, de manera que un suelo constituido por estos últimos mostrara mayor resistencia al corte. Con relación a la granulometría, en un suelo uniforme la mayoría de las partículas son de tamaño similar, de forma que el tamaño del hueco máximo entre partículas depende directamente del tamaño de estas. Un suelo bien graduado, sin embargo, posee partículas de muchos tamaños distintos, con lo que los granos medianos pueden ocupar los poros de las partículas más gruesas, las partículas más finas los huecos entre las medianas, y así de forma sucesiva. Lógicamente esta mejor posibilidad de estimación da lugar a que en un suelo bien graduado se pueda alcanzar una estructura más densa y más resistente que en un suelo uniforme. Finalmente, resultara más difícil hacer deslizar y rodar entre si partículas de gran tamaño que partículas pequeñas.

(Dorador Ortiz, 2010) Afirma que el factor fundamental que diferencia a los materiales particulados de otro tipo de materiales es su capacidad de aumentar de volumen debido a que las partículas pueden montarse en un arreglo granular denso dependiendo del nivel de confinamiento de la muestra. Esta respuesta del suelo es llamada dilatancia.

Una de las relaciones más conocidas en el estudio de la dilatancia, es la señalada por Rowe (1962), el cual obtuvo la siguiente expresión.

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \tan^2(45^\circ + \phi_U) \cdot \left(1 + \frac{d\varepsilon_V^P}{d\varepsilon_1^P}\right)$$

Donde:

- ϕ_U = Ángulo de fricción interpartícula
- $d\varepsilon_V^P$ = Incremento de deformación volumétrica
- $d\varepsilon_1^P$ = Incremento de deformación principal.
- $1 + \frac{d\varepsilon_V^P}{d\varepsilon_1^P}$ = Factor de dilatación del material

(Dorador Ortiz, 2010) Afirma que esta ecuación señala que existe una relación directa entre la razón de tensiones y el factor de dilatación. Además Rowe (1962) citado por Dorador Ortiz(2010) concluyó que existe una relación entre la máxima dilatación que sufre el material con la máxima resistencia al corte que se puede desarrollar un suelo.

Bolton (1986); Shanz y Vermeer (1996) citados en Dorador Ortiz (2010) Afirman que Debido a que la ecuación no considera la densidad del material, confinamiento y trayectoria de tensiones (factores que influyen en la resistencia al corte de un suelo). Distintos autores han propuesto diferentes ecuaciones que representan el fenómeno de la dilatación incluyendo estas últimas variables nombradas.

Por otro lado, una condición clave de los suelos es que su resistencia al corte última (resistencia a la falla) depende directamente del nivel de confinamiento que posean. En base a lo anterior, los criterios de falla más utilizados en materiales granulares gruesos son el criterio Mohr Coulomb.

2.5. Métodos de evaluación de resistencia al corte de materiales granulares gruesos.

Según (Dorador Ortiz, 2010) existen metodologías que se han utilizado para determinar los parámetros de resistencia de los suelos gravosos son los siguientes:

2.5.1. Método de corte

El método de corte se basa en la idea de extraer el material de sobre-tamaño de la muestra de tal forma que el material “cortado” pueda ser ensayado en equipos convencionales.

2.5.2. Método de corte y remplazo

Este método se basa en la idea de remover las partículas de sobre-tamaño y reemplazarlas por un porcentaje igual en peso de partículas más pequeñas. Es decir, este método utiliza un material menos graduado que el original pero considerando una misma densidad de suelo, por lo cual no es posible controlar variables como la granulometría, densidad relativa (DR) y número de contacto de partículas, las cuales influyen la resistencia al corte (Dorador Ortiz, 2010).

2.5.3. Método de la matriz

El método de la matriz se basa en que las partículas de sobre-tamaño al estar flotando en una matriz de suelo, es ésta última la que controla la resistencia al corte. Sin embargo, al aumentar el contenido de partículas de sobre-tamaño, éstas tienden a conseguir contacto entre ellas y la condición de flotación de las partículas no se cumple. Esta razón ha sido la gran limitante de esta metodología de evaluación en suelos gruesos (Dorador Ortiz, 2010).

2.5.4. Método de la granulometría homotética

Este método tiene como objetivo escalar la granulometría del suelo original a una curva granulométrica de menor tamaño de partículas de tal forma que tenga el mismo Coeficiente de uniformidad (CU) y Coeficiente de gradación (CC), y asumiendo que se mantienen las mismas

características propias de las partículas como son la dureza, forma y peso específico de los sólidos, principalmente (Dorador Ortiz, 2010).

Siendo este método estudiado por Marachi (1972), Thiers y Donovan (1981), Gesche (2002), Varadajan (2003) y De la Hoz (2007) entre otros investigadores.

Marachi et al., (1972) llevó a cabo una serie de ensayos triaxiales CID aplicado a 3 distintos materiales de tipo rockfills. i) Enrocado llamado “pyramid dam material”, ii) Basalto chancado, y iii) Suelo de origen aluvial proveniente de la presa “Oroville” en California, Estados Unidos. Los resultados fueron que el ángulo de fricción disminuye levemente al aumentar el tamaño de partículas. Esta tendencia se produjo debido a que estos materiales analizados tenían una dureza baja, lo cual posibilitó una mayor rotura de partículas.

Donde Marachi et al., (1972) concluyeron que esta técnica es una forma útil para obtener la resistencia al corte de materiales rockfills. Thiers y Donovan (1981), al realizar ensayos triaxiales a rocas sedimentarias, también concluyó que el ángulo de fricción disminuye al ser incrementado el tamaño de partículas.

Utilizando esta misma metodología, Varadajan (2003) llevó a cabo ensayos triaxiales con un material obtenido por voladura llamado Purulia, y concluyó que la rotura de partículas de baja resistencia o alteradas de las curvas homotéticas, pueden sobreestimar la resistencia al corte con respecto a la granulometría prototipo.

Las referencias que existen en Chile sobre la aplicación del método de curvas homotéticas, corresponden a los trabajos realizados por Gesche (2002) y De la Hoz (2007). Un resumen de los resultados obtenidos por ellos se presenta a continuación.

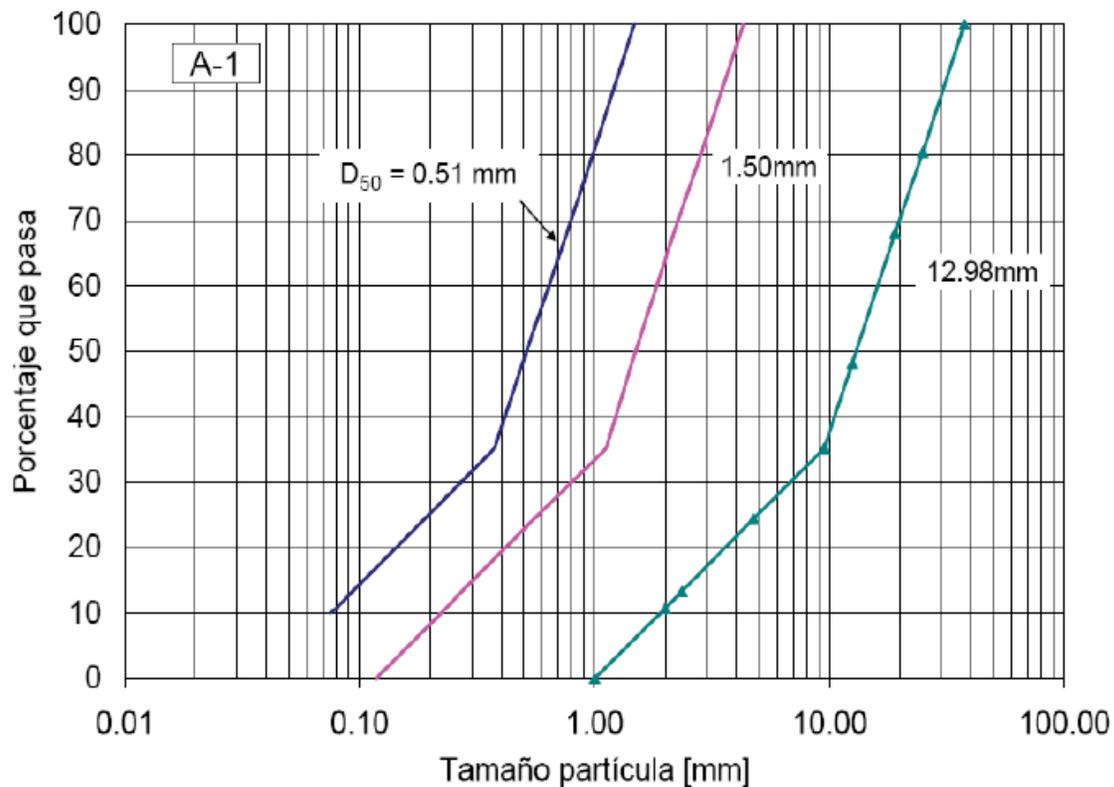
2.5.4.1 Resultados de Gesche (2002)

Gesche (2002) utilizó el método de gradación paralela para estimar de resistencia al corte en materiales granulares gruesos. Dos de los materiales utilizados en su investigación (A-1) se presentan a continuación considerando sus características y resultados de ensayos.

Granulometría y densidades límites

Según Gesche (2002) El material A-1 proveniente del río Aconcagua ubicado en la Región de Valparaíso en Chile, corresponde a gravas arenosas de cantos redondeados, las cuales fueron extraídas del mismo lecho del río y cortadas en $1\frac{1}{2}''$. En el laboratorio se procedió a confeccionar tres curvas homotéticas, en las que se restringió el porcentaje de finos a un 10%. Las cuales se observan en la siguiente Figura 4.

Material A-1



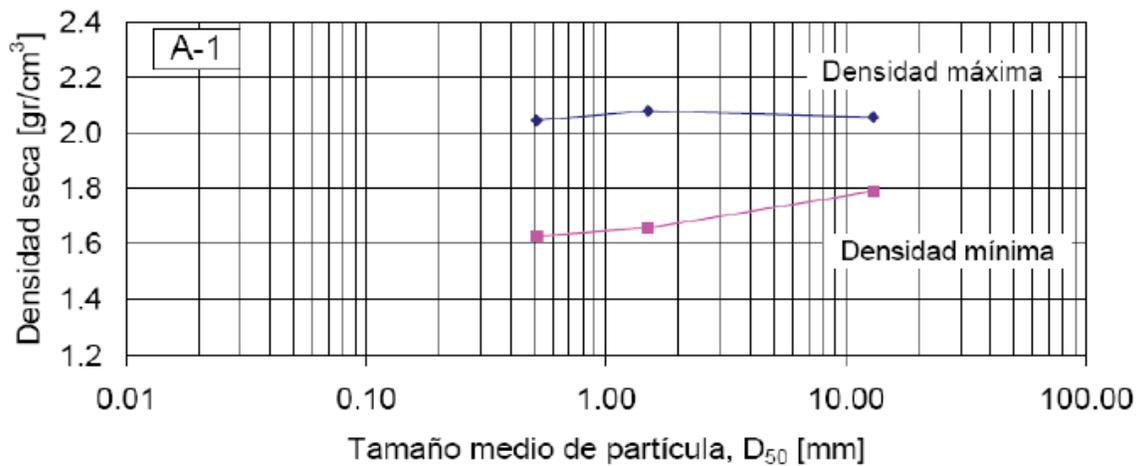
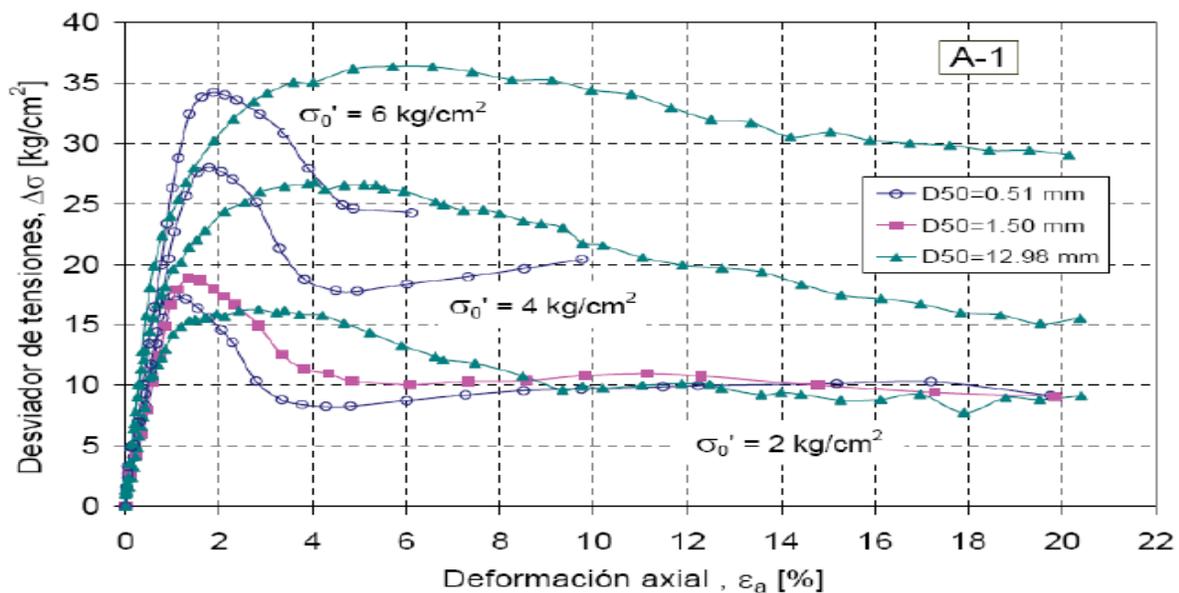


Fig. 4 Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material A-1. Fuente estudios realizados por Gesche (2002).

Ensayos de resistencia al corte

Gesche(2002) Afirma que se realizaron una serie de ensayos triaxiales CID a granulometrías paralelas confeccionadas a los dos suelos A-1. La densidad relativa de confección fue de un 80% y el nivel de confinamiento varió de 2.0 a 6.0 [kg/cm²]. Los resultados de resistencia al corte, módulo de deformación (E₅₀) y ángulo de fricción peak para los niveles de confinamientos dados anteriormente las cuales se presentan desde la Figura 5.



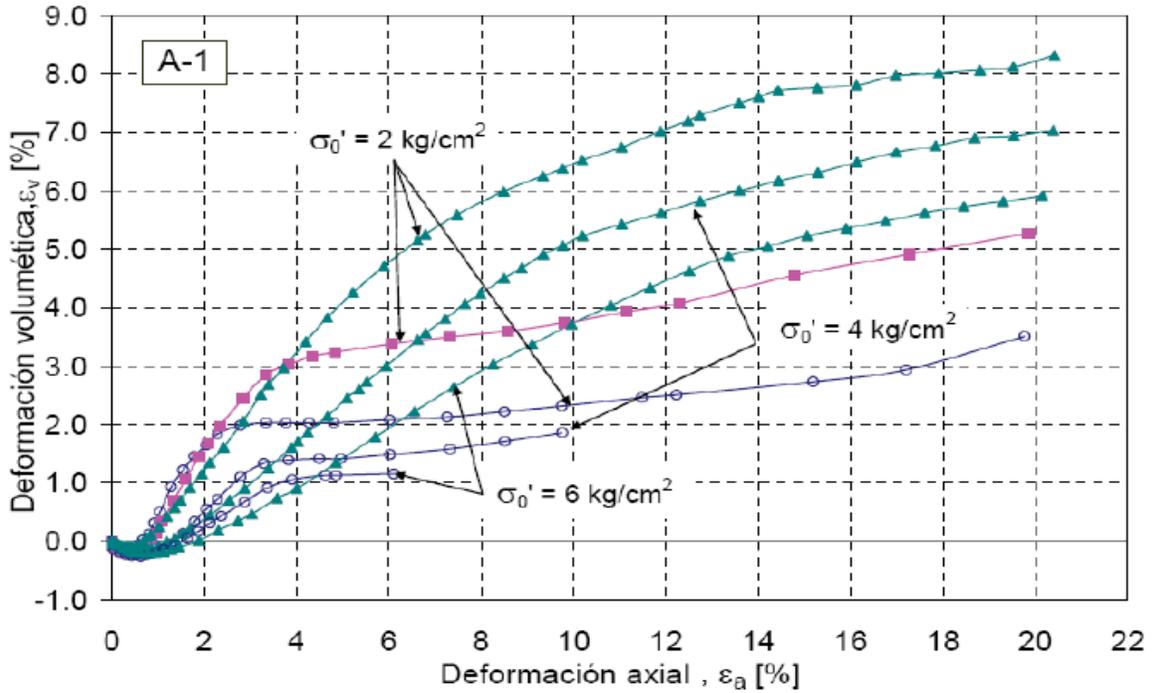
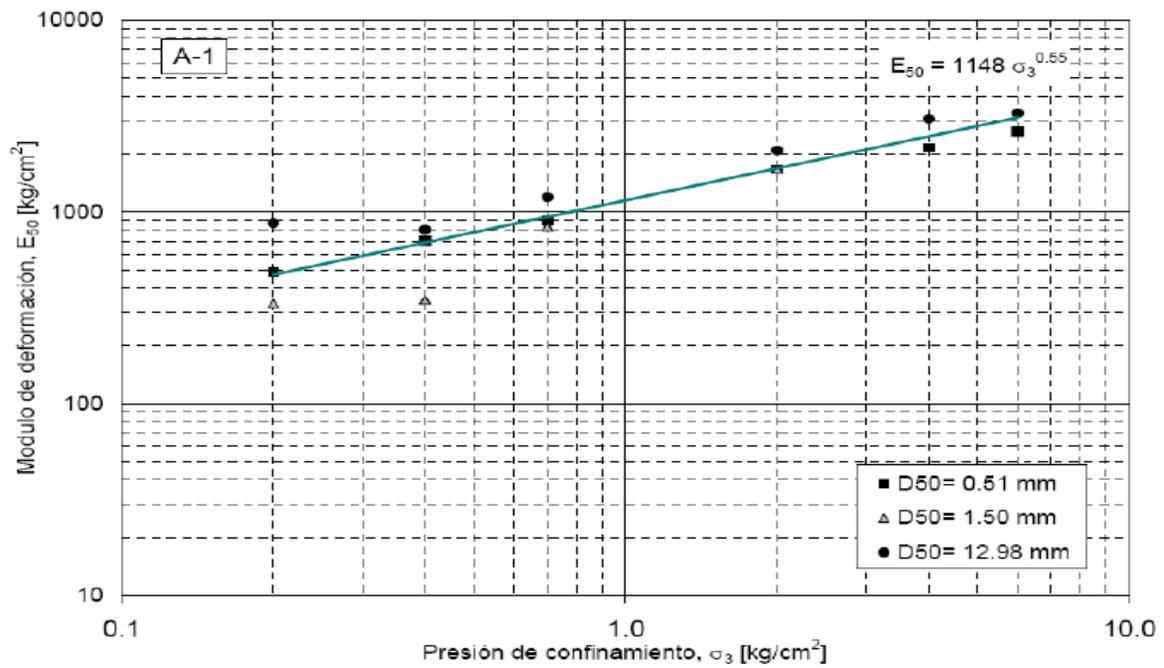


Fig. 5 Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación axial Material A-1. Fuente estudios realizados por Gesche (2002).



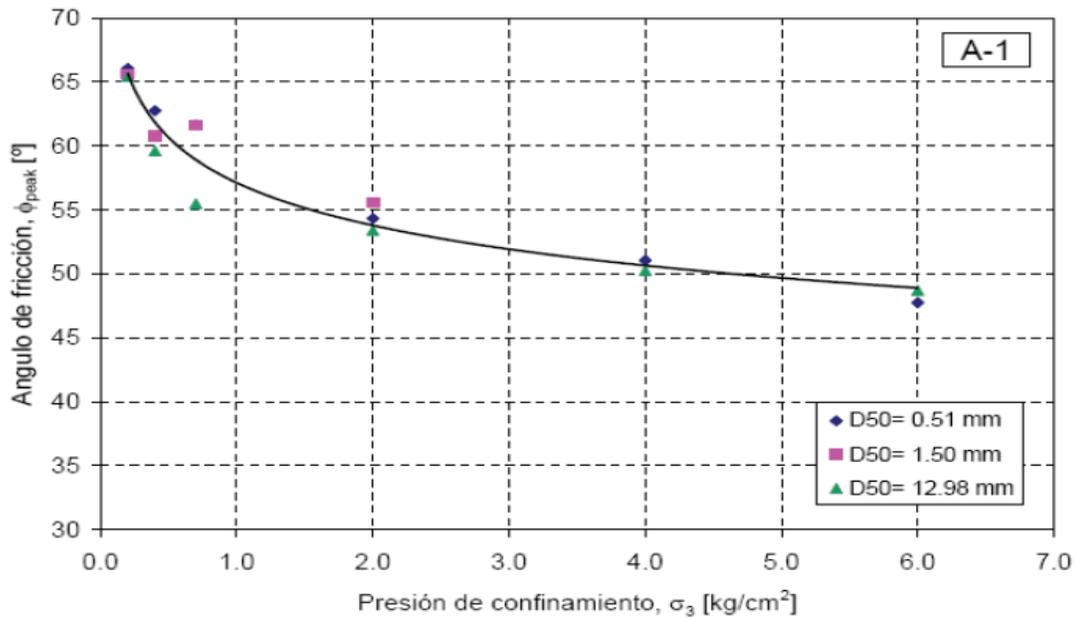


Fig. 6 Gráficos módulo de deformación (E_{50}) y ángulo de fricción peak v/s nivel de confinamiento Material A-1. Fuente estudios realizados por Gesche (2002).

Gesche (2002) concluyó que el método de gradación paralela es apropiado para estimar la resistencia al corte de suelos granulares gruesos en el rango de partículas estudiado, incluso podría ser utilizada en la estimación de suelos granulares de mayor tamaño.

2.5.4.2 Resultados de De la Hoz(2007)

(De La Hoz, 2007) Utilizó un material proveniente del lecho de Río Maipo, con los cuales confeccionó con la muestra (M-2). Este suelo fue cortado en 1", y las curvas homotéticas confeccionadas tienen una limitación de 10% de finos. Los materiales con sus características y resultados se detallan en seguida.

Granulometría y densidades límites

Los materiales M-2 corresponden a gravas de origen fluvial provenientes del río Maipo.

Para cada una de las muestras M-2 se confeccionaron tres curvas homotéticas, las cuales tienen tamaño máximo 1", ½", y malla N°4, y además, tienen la restricción de contenido de finos al 10%.

Las características de estos tres materiales y sus propiedades se detallan a continuación (De La Hoz, 2007).

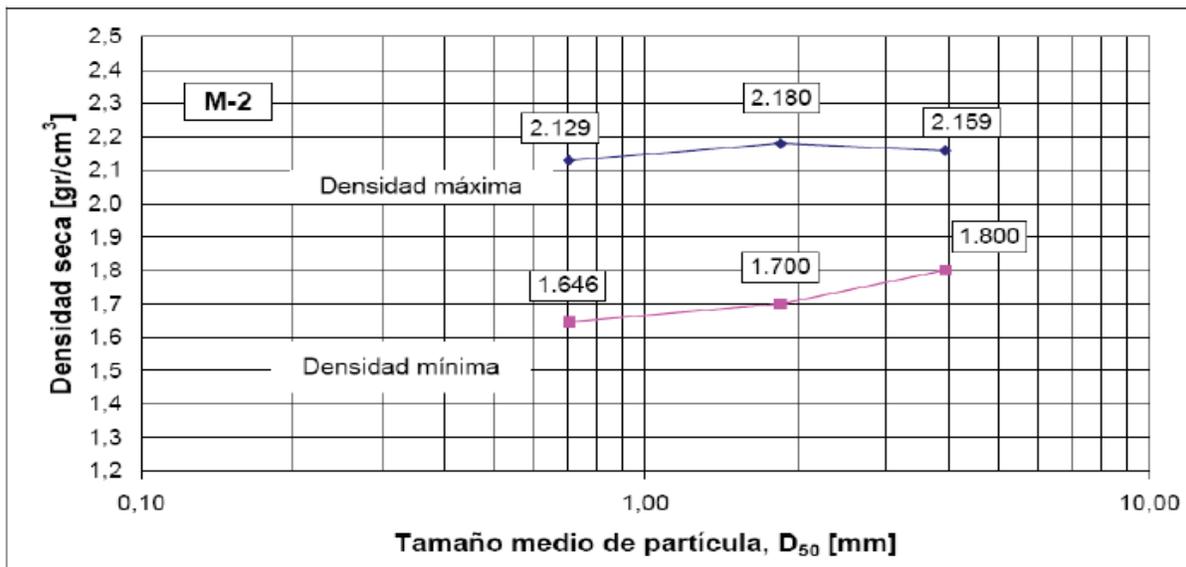
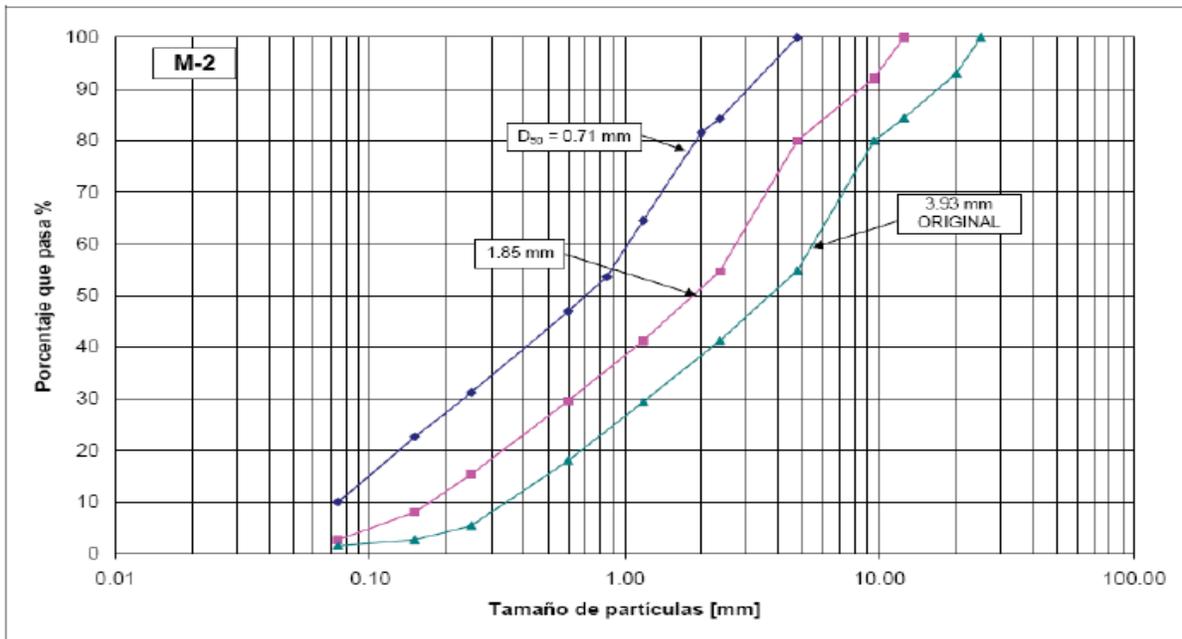


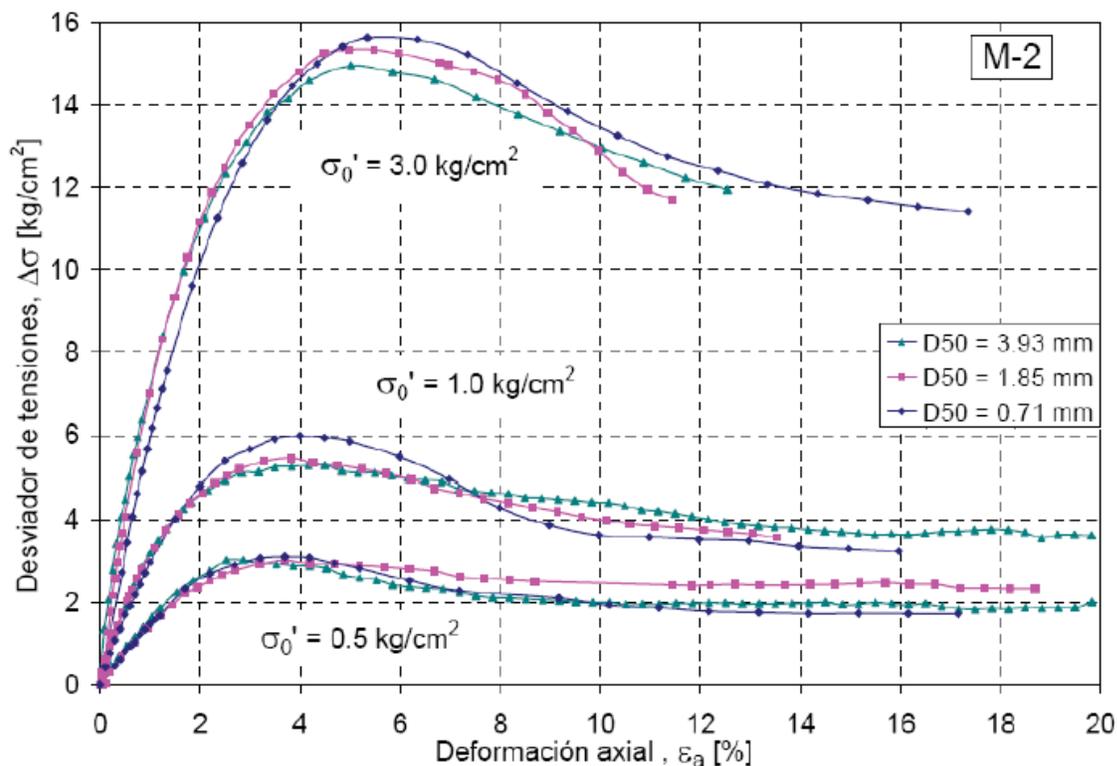
Fig. 7 Granulometrías y densidades mínimas y máximas de curvas homotéticas, Material M-2 fuente estudios realizados por De la Hoz 2007.

Resultados ensayos de resistencia al corte

Considerando los tres materiales descritos anteriormente (M-2) los resultados de resistencia al corte, módulo de deformación (E_{50}) y ángulo de fricción peak, en función del nivel de confinamiento, se muestran desde las Figura 9 (De La Hoz, 2007).

Según (De La Hoz, 2007) Al comparar los resultados de estos tres materiales es posible advertir que en las muestras M- 2 el comportamiento de los suelos es bastante similar, e incluso las curvas tensión - deformación se confunden entre las curvas homotéticas para un nivel de confinamiento de 0.5, 1.0 y 3.0 [kg/cm²], lo cual da cuenta de la efectividad de método de gradación paralela.

Además, el módulo de deformación E_{50} también presenta una similitud entre las granulometrías escaladas para los dos suelos ensayados. Finalmente, el ángulo de fricción peak disminuye con el nivel de confinamiento en base a una correlación bastante cerrada para estos dos materiales. Por lo tanto, según el material M-2 se observa un éxito en el uso de la metodología de gradación paralela, para rangos de σ_0 entre 0.5 a 3.0 [kg/cm²] (De La Hoz, 2007).



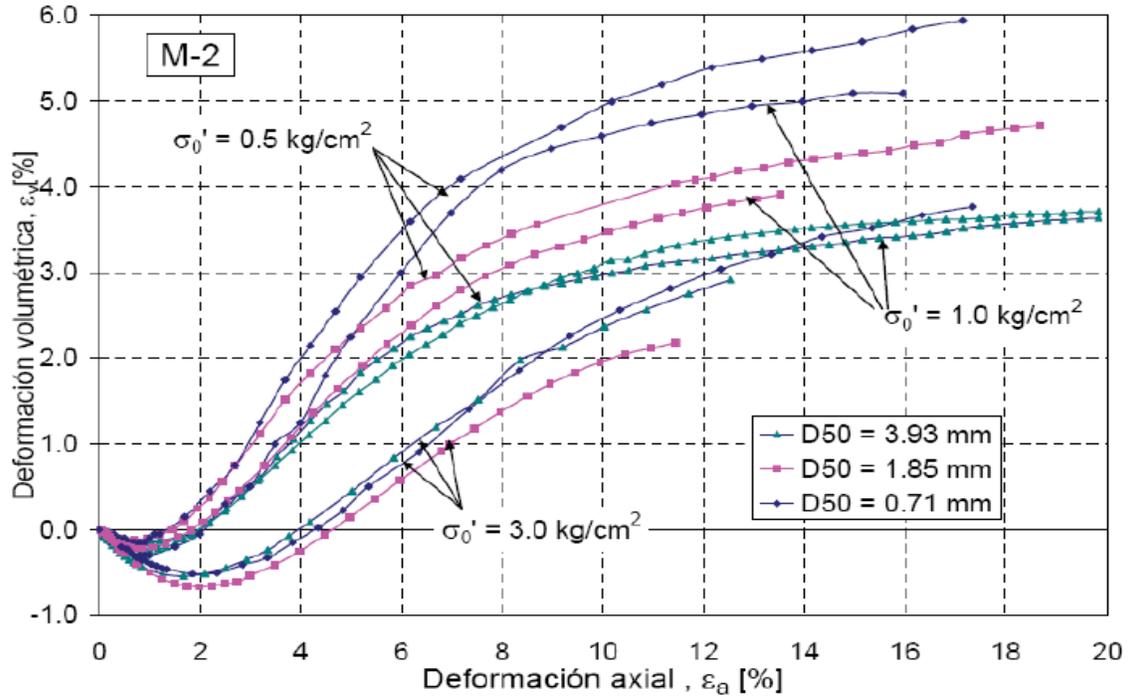
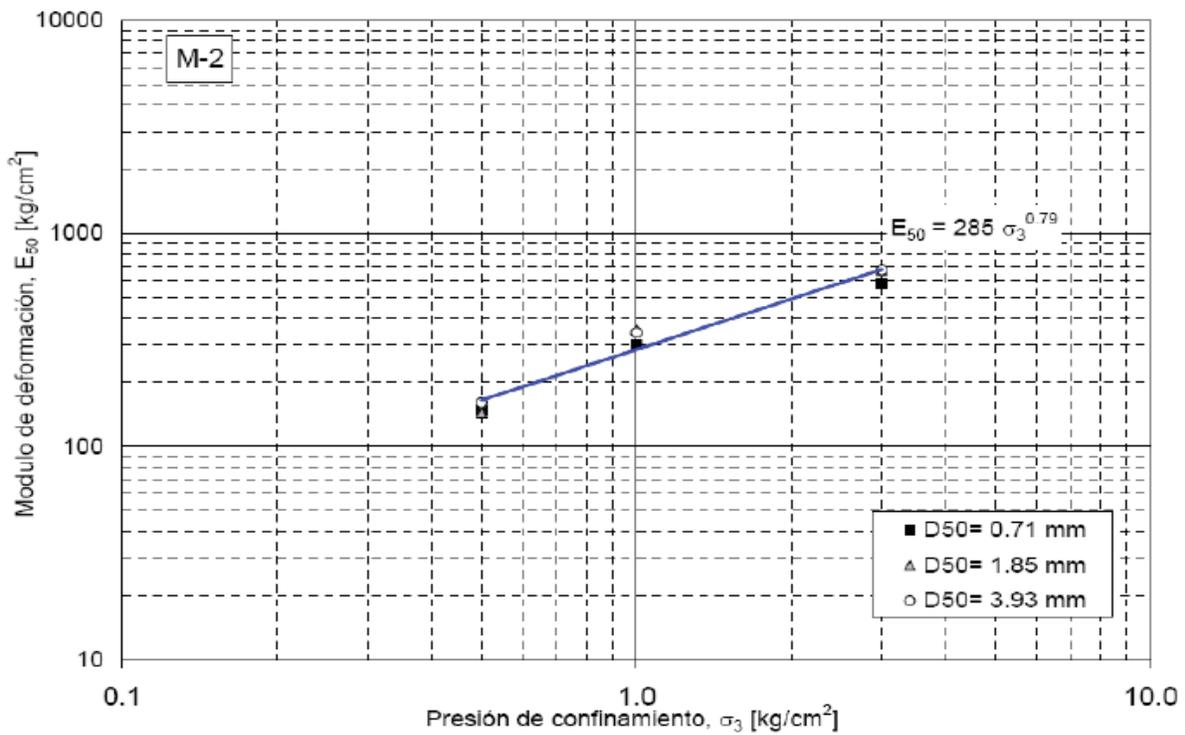


Fig. 8 Gráficos tensión y cambio volumétrico v/s deformación, Material M-2. Fuente estudios realizados por De la Hoz (2007).



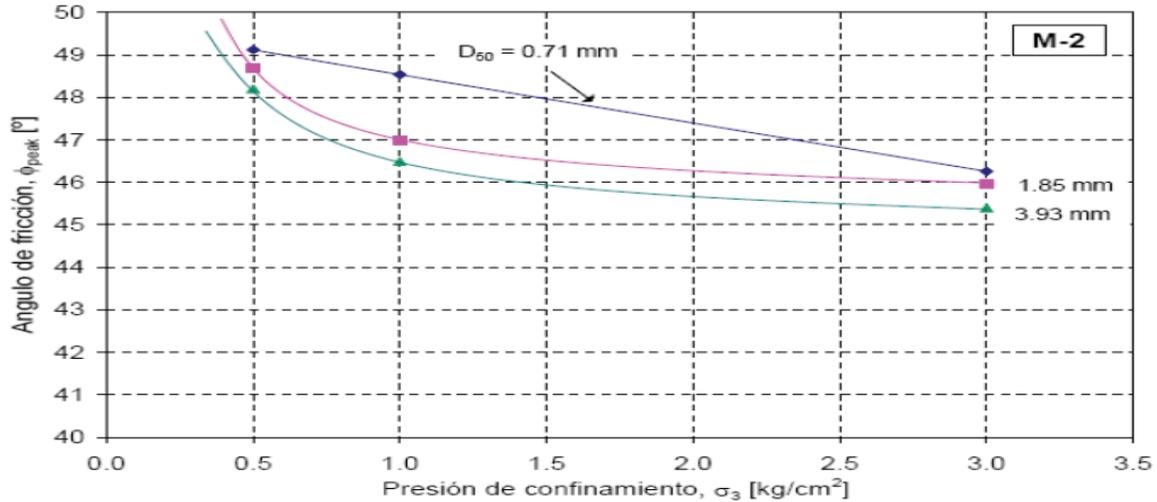


Fig. 9 Gráficos módulo de deformación (E_{50}) y ángulo de fricción interna v/s nivel de confinamiento, Material M-2. Fuente estudios realizados por De la Hoz (2007).

2.5.5. Método de retro calculo

(Arrellano & Correa, 1999) Afirman que el análisis de retro cálculo (retrospectivo) es usado comúnmente en la ingeniería geotécnica para estimar la resistencia *in situ* del suelo. Esta resistencia se representa generalmente por los parámetros de resistencia al corte en tensiones efectivas de Mohr-Coulomb, cohesión c y ángulo de fricción interna ϕ . El análisis de retrospectivo de fallas de taludes es un método efectivo que incorpora importantes factores que muchas veces no son bien representados en ensayos de laboratorio, tales como la estructura del suelo, la homogeneidad, influencia de fisuras en la resistencia al corte y el efecto de planos de debilidad dentro de la masa de suelo.

El análisis retrospectivo asume un factor de seguridad igual a la unidad y considera la geometría original en el momento de la falla. Luego se estima la resistencia al corte del suelo que fue movilizada en la falla con un modelo 2D realizado con un método seleccionado (Morgenstern-Price, Spencer, Janbu, Bishop, etc.) para un $FS=1$ (Arrellano & Correa, 1999).

Según (Arrellano & Correa, 1999) En muchos casos se dispone de poca información de las condiciones bajo las cuales ocurrió un deslizamiento, lo que reduce la confiabilidad de los valores de c y ϕ obtenidos mediante análisis retrospectivo. Estos valores pueden ser utilizados para analizar la estabilidad de otros taludes en la misma formación geológica y recomendar medidas de estabilización si corresponde.

2.5.5.1. Método de retro cálculo usando el slide.

El programa slide es una herramienta que es muy muy útil para determinar los parámetros de resistencia al corte *in situ* de un suelo en un talud el cual consiste en hacer un análisis retrospectivo del material en estudio, para lo cual se emplea el análisis probabilístico y el de sensibilidad. (Granados Lopez, 2006) Propone que para el análisis por retro cálculo por el slide es necesario tener como dato uno de los parámetros de resistencia al corte y la geometría del talud en estudio, donde la geometría del talud es de gran ayuda para determinar los parámetros de resistencia al corte en un suelo sin conocer uno de los parámetros de resistencia ya sea el ángulo de fricción o la cohesión, considerando que para este cálculo se debe tomar en cuenta las características del análisis probabilístico y de sensibilidad en el slide.

El slide según (ROCSCIENCE, 1996) también realiza el análisis inverso de las propiedades del material, al utilizar las características del análisis probabilístico o de sensibilidad en el slide. Se puede utilizar el análisis inverso para determinar la resistencia del material en la falla del talud, o la resistencia del material requerida para alcanzar un factor determinado.

Se puede utilizar el análisis de sensibilidad para el análisis inverso de variables individuales, y el análisis probabilístico para el análisis inverso de variables múltiples (ROCSCIENCE, 1996).

Análisis de sensibilidad por el slide.

Según (ROCSCIENCE, 1996) El análisis de sensibilidad del slide se da cuando se quiere evaluar una sola variable manteniendo constantes a las otras en una superficie de falla determinada o asumida y este tipo de análisis se evalúa con un factor de seguridad igual a 1, el cual facilita el poder determinar el valor de la cohesión como también el valor del ángulo de fricción de la superficie de falla por medio de un proceso iterativo.

Análisis probabilístico por el slide.

(ROCSCIENCE, 1996) Afirma que se puede utilizar la opción análisis probabilístico en el para llevar a cabo el análisis inverso de dos variables simultáneas. Por ejemplo, determinar todos los valores posibles de cohesión Y ángulo de fricción por un factor de seguridad específico.

CAPÍTULO III: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es el *Enfoque Cuantitativo* el cual se basa en la recolección de datos y analiza para llegar responder sus preguntas de investigación. Utiliza la recolección, la medición de parámetros para llegar a probar la Hipótesis en base a la medición a numérica y el análisis estadístico con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Cortés Cortés & Iglesias Leon , 2004)

3.1.2. Procedimiento metodológico y selección de muestra

3.1.2.1. Metodología de retro calculo

3.1.2.1.1 Ubicación, Reconocimiento, y registro fotográfico del talud en estudio.

La zona del talud en estudio está ubicada en el distrito de Urcos la cual se encuentran a 45 Km. al sureste de la ciudad de Cusco, en la provincia de Quispicanchis a riberas del río Vilcanota y la Laguna de Urcos, es ahí donde se encuentra el talud de estudio, específicamente ubicada en la quebrada de Cancha Uran con coordenadas UTM 216065.09 E - 8484511.30 N y con una cota de elevación de 3226.152 msnm.

La cuenca del río Cancha Uran presenta una topografía irregular cortada por un sistema de cárcavas profundas donde se pueden distinguir varias geofórmulas. Laderas de alta pendiente ubicadas en la zona sur oriental de la cuenca donde esta se caracteriza por tener pendientes altas y topografía irregular, las laderas de mediana pendiente se ubican en la parte sur oeste del valle, tienen pendientes moderadas a altas en las que formaron un sistema de cárcavas generados por los cauces erosivos.

El piso del valle del río Cancha Uran está atravesado por un sistema de riachuelos secos estacionarios los que al unirse forman el río Cancha Uran generando así un cauce erosivo de taludes

verticales de hasta 20 m, cortados por la erosión de los riachuelos en épocas de lluvias, la fuertes erosiones presente en los cauces se debe principalmente a la configuración del suelo el cual está conformado por gravas areno limosas de consolidación nula y baja resistencia.

3.1.2.1.2 Obtención de la geometría del talud en estudio

Para la obtención de la geometría del talud deslizado fue necesario hacer la elección del tramo representativo a analizar donde se priorizaron los siguientes factores:

- **Pendiente y altura del talud:** Se tomó en cuenta la mayor pendiente y altura, puesto que esta es un factor que genera mayor probabilidad de falla (asumiendo uniformidad en el material). Para utilizar este criterio se revisaron registros del INDECI así como inspecciones visuales en la misma zona. Se observó que las secciones transversales del talud presentan poca variación en su forma (pendiente y altura) a lo largo de la quebrada de Cancha Uran.

- **Accesibilidad del Equipo topográfico:** Fue determinada por el perfil transversal que presenta la zona de estudio de la quebrada de Cancha Uran de mayor pendiente en la zona ubicada donde es accesible tomar puntos sin realizar puntos de cambios de estación entre la zona baja y la parte alta del talud. Se tomó en cuenta un punto específico para estacionar el equipo topográfico teniendo en cuenta que este sea accesible tanto para el operador y para el equipo y que permita disparar el láser del equipo a cualquier punto ubicado en el talud fallado.

Finalmente; en base a los criterios anteriores, se eligió un punto de estación para el equipo para poder proseguir con el levantamiento topográfico del talud deslizado ubicado en la quebrada de Cancha Uran de una longitud de aproximadamente 30m. Como punto de referencia de dicho tramo se tiene un punto determinado por el GPS el cual genero coordenadas UTM referenciales las cuales son: 216103 E - 8484495 N y una cota de elevación de 3230.7152 msnm La característica

principal de este tramo, por el cual fue elegido es por el tipo de material que tiene el talud fallado en estudio.

El Levantamiento topográfico se llevó a cabo el día domingo 3 de marzo del presente año con una Estación Total LEICA FLEXLIN TS06 con la capacidad de tomar puntos con la ayuda de un prisma. El equipo fue manipulado por mi persona y se tomaron 210 puntos sin generar un punto de cambio de estación. El modelado tridimensional del terreno, la vista en planta y seccionado transversal del talud se realizó con el software CIVIL 3D 2016. Ver el modelo 3D en el plano 01/02. Como datos topográficos generales del tramo del talud estudiado se encontró una altura promedio de 15 m y una pendiente promedio de 60° según el levantamiento realizado.

3.1.2.1.3 Geotecnia del talud de estudio.

Descripción e identificación del suelo

Este estudio se realizó con el propósito de confirmar si el material extraído del talud deslizado es de grano grueso (grava) y ver si presenta discontinuidad en su granulometría para hacer referencia a su clasificación (SUCS). La cual nos servirá posteriormente para modelar la grava como material homogéneo. El material analizado del talud está conformada por un 96% por la porción gruesa, el resto es conformado por material fino, la cual se observara a más detalle en el **capítulo iv resultados análisis y discusión.**

Se realizaron ensayos Granulométricos según la normativas técnicas: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 llevados a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y geo mecánica de rocas y concreto ALLPA LABORATORIO. Estos ensayos se realizaron en un solo punto de inspección debido a que el material del talud es homogéneo no presentando un cambio de color o textura de la grava. La tabla 7 muestra un resumen de los datos levantados en campo y laboratorio:

muestra	humedad	angulosidad	cementación	SUCS
1	parcialmente húmeda	sub-angulosa	baja	GW
2	parcialmente húmeda	sub-angulosa	baja	GW
3	parcialmente húmeda	sub-angulosa	baja	GW

Tabla 7 Clasificación de las muestras traídas de la zona estudiada fuente elaboración propia

De estos resultados se deduce que el material que conforma el talud deslizado de la quebrada de Cancha Uran es una *Grava bien Graduada (GW) y cuyas partículas son mayores a 1'' son sub-angulosa..* Por lo tanto se puede aceptar la hipótesis que la grava es homogénea y que se podrá modelar como tal en la etapa de análisis por retro cálculo del talud deslizado.

Características de resistencia al corte

Los parámetros de resistencia al corte como la cohesión c y el ángulo de fricción Φ del suelo pueden ser estimados mediante ensayos especiales realizados en laboratorio como el 'Ensayo de corte directo' a deformación controlada.

Para el caso de la grava estudiada, no fue factible realizar el ensayo de corte directo debido a las características inherentes de este material debido a que en este ensayo las dimensiones de espécimen dependen directamente del tamaño máximo de las partículas de la muestra, que para el caso del material extraído del talud deslizado el espécimen es de proporciones poco usuales, siendo esto una limitación para el uso de equipos convencionales que puedan realizar este tipo de ensayos, pero si existen equipos de corte directo a gran escala lo cual en el ámbito regional no es fácil de encontrar.

La finalidad de hallar estas propiedades y posteriormente hacer el análisis con ellas es determinar el Factor de Seguridad del talud, para de esta manera tener un número que represente que tan estable son los taludes de la quebrada de Cancha Uran, puesto que la quebrada evaluada es una zona que cuenta con un alto peligro de deslizamiento.

3.1.2.1.4. Retro calculo (retro análisis)

El objetivo de este tipo de análisis es el de estimar los parámetros de resistencia al corte como la cohesión y el ángulo de fricción para una superficie de falla determinada del talud, realizando un análisis determinístico ya sea a la cohesión o al ángulo de fricción o como también a ambos parámetros para un caso estático hasta lograr generar un Factor de Seguridad igual a 1.

La lógica de este método radica en determinar los parámetros de resistencia al corte como es la cohesión c y el ángulo de fricción Φ asumidos para el suelo gravoso del talud para una superficie de falla determinada que den como resultado un $FS=1$. Se estaría compatibilizando el modelo con la realidad, debido a que el talud con un $FS =1$ estaría a punto del colapso. Los valores estimados son los mínimos necesarios que aseguran la falla del talud para una superficie de falla determinada en estudio , pero el asumir valores llevaría el análisis del talud deslizado a obtener resultados aproximados.

Para generar resultados más confiables fue necesario realizar un ensayo adicional como es el ensayo de corte directo a gran escala el cual se realizó el 29 de mayo del presente año en instalaciones del Ing. Carlos Fernandez Baca Vidal, para así poder determinar la cohesión del material original extraído del talud deslizado, este parámetro se utilizó como valor de referencia para así poder determinar el ángulo de fricción por medio de un análisis determinístico o sensibilidad en el programa slide.

- Cohesión: 0.058 kg/cm²
- Angulo de fricción: Se obtendrá por el método de retro cálculo por medio del análisis determinístico

El ancho del talud en estudio es aproximadamente 30 m, para el análisis determinístico se optó por tomar la sección más crítica del talud deslizado, tomando en cuenta la sección de mayor pendiente, y aquella que tengan mayor área de material deslizado.

En el plano 02/02 se pueden observar la sección seleccionada del talud deslizado

Suposiciones para el modelo de las secciones:

- *Se asume que el material es homogéneo:* es decir que se prolongan paralelamente al plano horizontal, presunción que podría corroborarse realizando perforaciones de más de 10 m de profundidad en la cima del talud o mediante el uso de métodos geofísicos (por ejemplo la refracción sísmica), procedimientos que escapan al alcance de esta tesis por su costo.

- *Existencia de presión de poros:* los ensayos de campo realizados demuestran la ausencia de la capa freática en la zona, pero para el modelamiento y análisis del talud fallado se consideró una altura mínima de nivel freático debido a que no hay evidencia de otros factores que hayan generado la falla del talud aparte de la escasa agua que circula en la máximas avenidas por la quebrada de Cancha Uran.

- *Superficie de Falla no circular:* se asume esto para generar un análisis de falla del talud lo más real posible

Para la sección que se analizó con el programa **slide v.6.0**, fue necesario tener como dato de entrada: la topografía de la sección, cohesión, el ángulo de fricción, peso específico natural del suelo, presencia y distribución de agua.

Métodos de análisis para el retro cálculo

Para la selección de métodos que se usaron en el análisis determinístico en el slide **v.6.0** se tuvo como parámetros el tipo de falla del talud deslizado precisión de los resultados. Lo que se puede observar en el siguiente tabla 8.

<u>Método</u>	<u>Superficie de falla</u>	<u>Equilibrio</u>
Talud infinito	Rectas	De fuerzas y momentos
Bloques	Tramos rectos	De fuerzas
Espiral logarítmica	Espiral logarítmica	De momentos y fuerzas
Arco circular	Circulares	De fuerzas y momentos
Ordinario o de Fellenius	Circulares	De fuerzas
Bishop simplificado	Circulares	De momentos
Janbu simplificado	Cualquier forma	De fuerzas
Sueco modificado	Cualquier forma	De fuerzas
Lowe y Karafiath	Cualquier forma	De fuerzas
Spencer	Cualquier forma	De fuerzas y momentos
Morgenstern y Price	Cualquier forma	De fuerzas y momentos
Sarma	Cualquier forma	De fuerzas y momentos
Elementos finitos	Cualquier forma	Analiza esfuerzos y deformaciones

Tabla 8 Métodos seleccionados para el análisis de estabilidad de taludes para el programa slide

Los métodos seleccionados para el análisis determinístico en el slide **v.6.0** se basan en un planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras, que actúan sobre el talud, determinando así su comportamiento y condiciones de estabilidad. Estos métodos son denominados *métodos de equilibrio límite*, donde se analiza el equilibrio de una masa potencialmente inestable, haciendo una comparación de las fuerzas que generan el movimiento y las fuerzas resistentes que se oponen al movimiento a lo largo de una superficie de falla determinada.

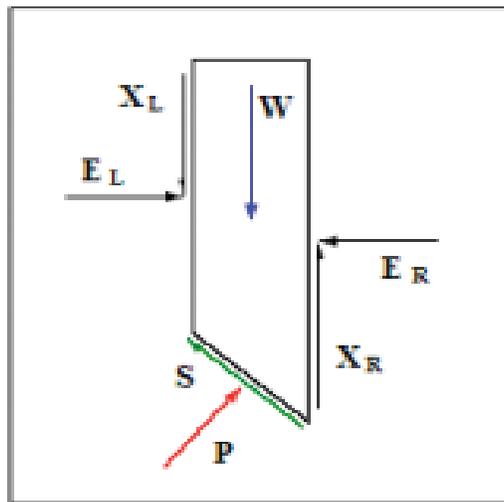
Para la precisión de resultados se tuvo en cuenta la subdivisión de los métodos de *equilibrio límite* en función a la **exactitud de los resultados**, el cual se divide en dos grupos, grupo de los *métodos exactos* y el de los *no exactos*. En el primer caso, los resultados están basados en las leyes de la estática generando así una solución exacta debido a la geometría sencilla de la superficie de falla determinada, así como las superficies de fallas de tipo planar y las superficies de falla tipo cuña. Por otro lado, en el segundo grupo, las soluciones de la estática no son suficientes generando así un problema hiperestático.

En la presente investigación se optó por utilizar los métodos no exactos debido a que dentro de los métodos no exactos se encuentran aquellos que consideran toda la masa del suelo que se desliza, como un todo, los cuales son conocidos como *métodos de estabilidad global de la masa de terreno*, en donde dividen la masa deslizante en fracciones más pequeñas para simplificar el análisis, denominados como *métodos de las dovelas* y este último se clasifica en *métodos precisos* (teorías de Morgenstern - Price, Spencer y Bishop Riguroso) y en *métodos aproximados* (Janbú, Fellenius y Bishop Simplificado). Teniendo bien definida los conceptos de

estos métodos determinísticos se optó por usar los métodos de Morgenstern - Price, Spencer y Bishop simplificado.

Método de Morgenstern – Price

Este método generalmente es aplicado en superficies de falla circulares como también en no circulares en donde se asume que las fuerzas de carga siguen un sistema predeterminado muy similar al método de Spencer como se puede observar en la Imagen 4 con la diferencia que la inclinación de la resultante de fuerzas entre dovelas varía de acuerdo a la siguiente función arbitraria.



Img. 4 Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas para el método de Morgenstein-Price.

Donde W es la cargas verticales externa, EL y ER las fuerzas normales izquierda y derecha entre rebanadas; XL y XR fuerzas verticales entre rebanadas a izquierda y derecha; P y S son la fuerza normal y tangencial a la base de la rebanada.

$$X/E = \lambda \cdot f(x)$$

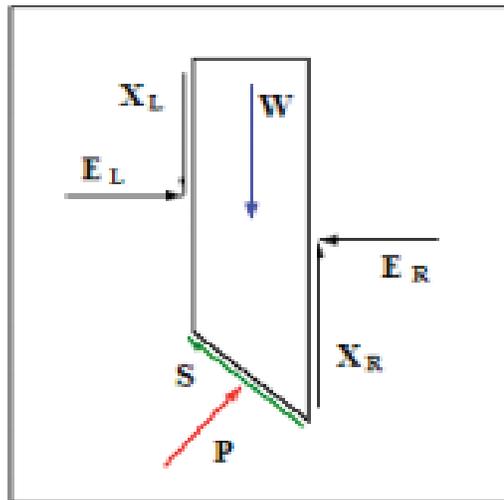
Dónde X son los fuerzas verticales y E las horizontales y dónde f(x) es la función que varía de forma continua a lo largo de la línea, y λ es un valor escala. Para una función dada f(x), los valores

de λ y F se encuentran de forma que se cumplan los equilibrios globales de Momentos y Fuerzas.

De esta forma $F=F_m=F_f$.

Método de Spencer

El método de Spencer es un método que satisface totalmente el equilibrio tanto de momentos como de esfuerzo para una superficie de falla de tipo circular como también no circular. El procedimiento de Spencer se basa en la suposición que las fuerzas entre dovelas son paralelas las unas con las otras es decir que se mantiene constante el ángulo de inclinación como se puede observar en la siguiente imagen 5 y en la siguiente expresión.



Img. 5 Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas para el método Spencer

Donde W es la carga vertical externa, E_L y E_R las fuerzas normales izquierda y derecha entre rebanadas; X_L y X_R fuerzas verticales entre rebanadas a izquierda y derecha; P y S son la fuerza normal y tangencial a la base de la rebanada.

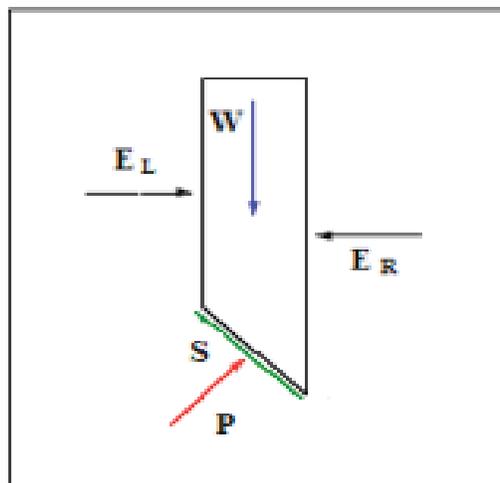
$$X/E = \tan \theta$$

Dónde X son las fuerzas verticales y E las horizontales

Método de Bishop simplificado

El método de Bishop conocido también como el método de las rebanadas trabaja con las siguientes hipótesis:

- Se asume una superficie de falla tipo circular.
- La masa deslizante se divide en n rebanas o bloques verticales.
- Se establece el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada respecto al centro del círculo.
- A partir de la condición de equilibrio de fuerzas verticales de cada rebanada se obtienen las fuerzas N (normales a la superficie de falla) y se sustituyen a la ecuación resultante del equilibrio de momentos.
- El Método de Bishop Simplificado ignora las tensiones tangenciales entre rebanadas. Por otro lado considera las normales como se puede observar en la siguiente Figura 6.



Img. 6 Representación de las fuerzas actuantes en una rebanada consideradas en el método de Bishop.

Donde W es la carga vertical externa, E_L y E_R las fuerzas normales izquierda y derecha entre rebanadas; P y S son la fuerza normal y tangencial a la base de la rebanada.

3.1.1.2 Metodología de la granulometría homotética

3.1.1.2.1 Muestreo y extracción de la muestra del talud fallado en estudio.

El material que se usó para el estudio de la metodología de la granulometría homotética en laboratorio proviene del material del talud deslizado ubicado en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco. Para el muestreo y extracción del material se tuvo referencia a la norma ASTM D 420 donde hace referencia a la toma de muestra de suelos, rocas y donde se debe tener en cuenta factores como: tipo de suelo a investigar, profundidad de exploración de los puntos de inspección (calicatas) y la naturaleza del terreno.

Para la extracción del material se hizo el siguiente procedimiento:

Excavación de Calicatas: la excavaciones de calicatas se hizo a cielo abierto, a una profundidad de 2.50 m, el cual se realizó con ayuda de herramientas manuales como pico y pala, pero siempre tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener.

Para el muestreo del material en laboratorio se realizó el siguiente procedimiento

Esto se hizo con la finalidad de reducir las muestras extraídas del talud deslizado a porciones requeridas para así poderlas someterlas a ensayos en laboratorio. Las muestras más grandes tienden a ser más representativas de la muestra total.

Esto se hizo con referencia a la norma ASTM C 702 donde menciona tres métodos para reducción de muestras en campo que son:

Método A: Cuarteador mecánico

Método B: Cuarteo

Método C: Pilas cónicas (agregado fino húmedo)

En la presente investigación se optó por utilizar el método B “**por cuarteo**”. Según la norma MTC E 103 consiste en colocar la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas. Para luego mezclar bien la muestra hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación tres veces. Este procedimiento se puede observar en la siguiente Imagen 7.



Img. 7 Método B por cuarteo fuente MTC E 103

3.1.1.2.2 Determinación del perfil estratigráfico

Fue necesario realizar el perfil estratigráfico del suelo en estudio puesto que esto nos ayuda a determinar la estratigrafía del suelo y también nos ayuda a determinar la altura del nivel freático y para esto es necesario hacer excavaciones de calicatas de mayor profundidad. Para la presente investigación una calicata de profundidad de 5.00 m.

Pero todo este procedimiento se puede remplazar por métodos geofísicos de exploración para así poder complementar los datos del perfil estratigráfico. Los métodos geofísicos que se realizan con mayor frecuencia son los métodos sísmicos y de resistividad eléctrica.

3.1.1.2.3 Clasificación del material

Para la clasificación del material extraído del talud deslizado fue necesario el uso de dos sistemas de clasificación que son:

Sistema unificado de clasificación basado en el trabajo de Casagrande (SUCS).

Sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Estos dos sistemas de clasificación trabajan directamente con el análisis granulométrico del material puesto que el análisis de estos sistemas para la clasificación del material requiere como dato el porcentaje retenido en mallas especificadas por la norma.

En la presente investigación, para clasificar el material lo primero que se hizo fue generar la curva granulométrica por tamizado según las normas ASTM D 422 y AASHTO T 88 la muestra extraída del talud deslizado ubicado en la quebrada de Cancha Uran. Obteniendo una clasificación de **GW grava bien graduada** por el sistema unificado de clasificación basado en el trabajo de Casagrande(SUCS) y **A-1-a-(0) gravas con o sin partículas finas de granulometría bien definida** por el sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

3.1.1.2.4. Granulometría del material

Para generar la granulometría del material se optó el ensayo de análisis granulométrico por tamizado teniendo como referencia de las normas ASTM D 422 y AASHTO T 88 las cuales nos ayudaron a determinar el porcentaje de suelo que pasan por una serie de tamices empleada en el ensayo de análisis granulométrico por tamizado.

Para el ensayo de análisis granulométrico por tamizado lo primero que se hizo fue seleccionar la cantidad de muestra para dicho ensayo según las especificaciones del MTC E 106 que hace referencia a la preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico el cual está representado según el tamaño máximo de partícula de la muestra seleccionada.

Tamaño máximo		Cantidad mínima retenida en el tamiz (N° 10) 2,00 mm
Nominales	Redondeados	
9,5 mm (3/8")	10 mm	500 g
19,0 mm (3/4")	20 mm	1000 g
25,4 mm (1")	25 mm	2000 g
38,0 mm (1.1/2")	40 mm	3000 g
50,8 mm (2")	50 mm	4000 g
76,2 mm (3")	80 mm	5000 g

Tabla 9 Selección de muestra según el Tmax fuente MTC E 106

Después de haber seleccionado la muestra se prosiguió a determinar el porcentaje de finos del material seleccionado por medio del lavado de muestra debido a que este dato es muy importante para la aplicación de la metodología de la granulometría homotética el cual es representado en porcentaje como el material que pasa el tamiz N° 200 y el material retenido en el tamiz N°200 es llevado al horno para su secado para así poder determinar la granulometría haciendo pasar por una secuencia de tamices según la norma MTC E 107.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Tabla 10 Selección de mallas para el ensayo de granulometría por tamizado fuente MTC E 107

Los resultados del análisis granulométrico por tamizado se presentara en el **capítulo iv: resultados, análisis y discusión** donde se obtienen los porcentajes que pasan como también los porcentajes retenidos en cada tamiz y estos datos son representados en la gráfica de la curva granulométrica del material del talud deslizado.

3.1.1.2.5 Forma de las partículas

Para el estudio geotécnico del material gravoso extraído del talud deslizado de origen aluvial se hizo una evaluación a la forma de las partículas teniendo como parámetros su esfericidad, angulosidad y rugosidad puesto que estos parámetros son factores que influyen directamente en el comportamiento esfuerzo-deformación en la resistencia al corte de un material granular. Para evaluar la forma de las partículas se usó un esquema simple la cual nos determina la forma que puede llegar a tener las partículas de la muestra original el esquema se muestra en la Figura 10, donde se puede observar el grado de redondez de los bordes (eje horizontal) y la esfericidad del grano (eje vertical).

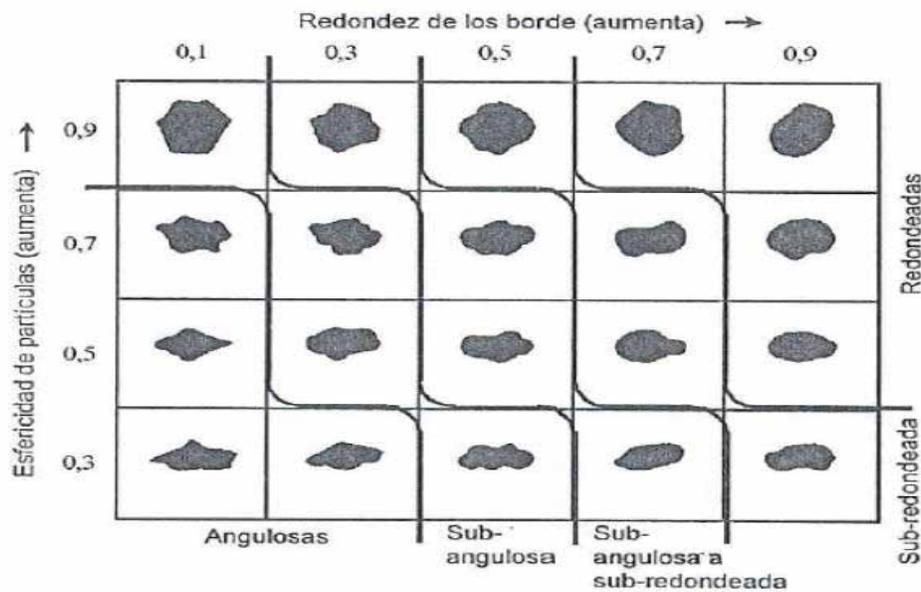
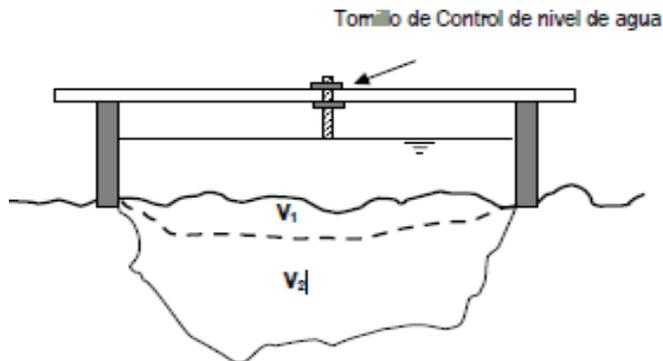


Fig. 10 Esquema para determinar la esfericidad y redondez de partículas fuente estudios realizados por Krumbein y Sloss, 1963

3.1.1.2.6 Densidad “IN SITU” para gravas

Por tratarse de un material granular se ha realizado ensayos de densidad natural a gran escala denominada Test Pit, para este ensayo fue necesario usar un anillo de 25 cm de diámetro debido a que esta dimensión permite incluir fragmentos de hasta 3” del material. (Norma USBR-7221-89)

Para la calibración de este ensayo se considera una superficie de referencia mediante una primera medición del volumen de agua hasta un nivel establecido en el anillo de confinamiento (V1) y una segunda medición del volumen del hoyo dejado por la muestra excavada, llenando con agua nuevamente hasta el nivel establecido (V2). En ambas oportunidades se emplea una membrana plástica muy delgada, flexible e impermeable, para revestir el hoyo y el anillo de confinamiento así como se puede ver en las Imágenes 8 y 9. Y para determinar el valor numérico de la densidad in situ mediante la sustitución de agua se hizo uso de la siguiente ecuación.



Img. 8 Diagrama del ensayo de TEST PIT fuente elaboración propia

$$\gamma_{nat} = \frac{W2}{V2 - V1}$$

Donde

γ : densidad de campo

W2: peso de la muestra extraída del V2



***Img. 9 Obtención de la Densidad “IN SITU” para gravas por el método de “Test Pit”
fuente elaboración propia***

Esta prueba tiene el mismo principio que el ensayo de densidad in situ del cono de arena ASTM D 1556 y más aún con el ensayo de balón de jebes ASTM D 2167, pero tiene la ventaja de que se puede aplicar a suelos naturales no compactados en los que la superficie superior no queda plana y nivelada, como es el caso de gravas o suelos que contienen gravas. Por esta razón se puede afirmar que los ensayos convencionales de densidad de campo son aplicables.

3.1.1.2.7 Confección de las curvas paralelas

El procedimiento que se usó para la confección de las curvas paralelas se hizo en referencia a los estudios realizados por: De la Hoz 2007; Dorador, 2010 y Besio 2012 donde hacen referencia a ciertas características del suelo granular como:

- Las muestras escaladas no debe presentar contenido de finos superior al 10%.
- las curvas escaladas deben presentar una homotecia perfecta con respecto a la curva original

Para generar la homotecia de la curva escalada se fija el tamaño mínimo de la granulometría original pero a su vez el tamaño máximo es trasladado en el eje de la abscisas generando así tamaños máximos diferentes a los de las partículas de la granulometría original y reduciendo de manera proporcional el tamaño que estas poseen, tal como se observa en la Figura 11.

La curva granulométrica original posee un tamaño máximo de 1 1/2". Luego, se confeccionaron curvas escaladas con tamaños máximos de 6.35 mm (1/4"), 4.76 mm (N°4) y 2.00 mm (N°10). Es importante añadir que debido a la restricción de 7.40 % de finos que se ha impuesto en las granulometrías escaladas, las curvas 6.35 mm (1/4"), 4.76 mm (N°4) y 2.00 mm (N°10) no son totalmente homotéticas con respecto a la curva original y esta diferencia en el paralelismo comienza a ser notoria en un porcentaje pasante menor al 30%.

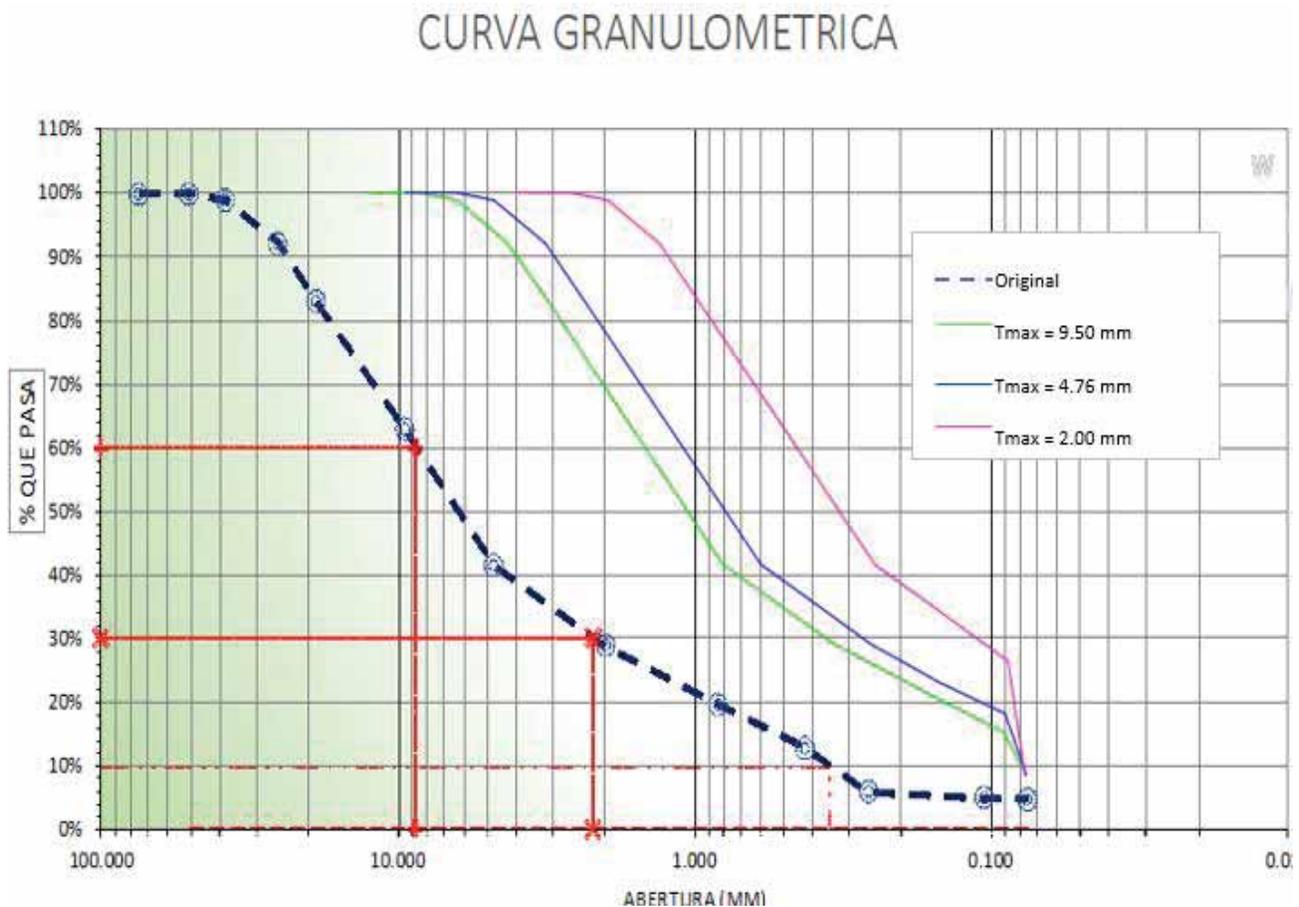


Fig. 11 Curvas escaladas del material extraído del talud fallado estudiado fuente propia

3.1.1.2.8 Densidades secas máximas y mínimas

Para determinar las densidades secas máximas y mínimas de la muestra extraída del talud deslizado y de las muestras escaladas para la metodología de la granulometría homotética se tuvo como referencia la norma **I.N.V. E – 136 – 07** donde hace referencia al procedimiento para determina la masa unitaria mínima y la masa unitaria máxima de una arena seca, no cementada.

El procedimiento que se realizó para determinar las densidades máximas y mínimas es el siguiente:

Para la determinación de las dos masas unitarias, máxima y mínima , primero se debe obtener el volumen real del recipiente (V) en cm³ , mediante mediciones directas a su altura y diámetro con un calibrador, o mediante un método que se considera más apropiado, el cual consiste en llenar el molde completamente con agua y enrasar con una placa de vidrio, luego de esto tomar como dato la masa de agua que queda dentro del molde; para luego dividir este dato por el volumen de agua por gramo(densidad del agua) según la temperatura en la que se encuentra el agua este valor se puede obtener de acuerdo a la temperatura leída según la tabla 11.

Temperatura (°C)	Volumen de agua por gramo (cm³/g)
15	1.00090
16	1.00106
17	1.00122
18	1.00140
19	1.00129
20	1.00180
21	1.00201
22	1.002 23
23	1.00246
24	1.00271
25	1.00296
26	1.00322
27	1.00350
28	1.00378
29	1.00407
30	1.00437

Tabla 11 Volumen del agua por gramo de acuerdo a la temperatura fuente normas INVE.

Para determinar la masa unitaria mínima, se deberá tarar y anotar la masa (m_1) del molde sin el collar expresada en gramos, con una precisión de 1 g.

Para el llenado del molde y determinación de la masa suelta se coloca la muestra a través de un embudo y así llenar el molde hasta que cubra 1 cm sobre la marca del collar este proceso se hace para evitar la segregación durante el proceso de llenado del molde.

Luego se prosigue a enrasar la muestra quitando el collarín. Se debe tener cuidado para no compactar la muestra; para ello, se debe evitar cualquier golpe o vibración sobre el recipiente durante el enrase. Después del enrasado se determina la masa del molde lleno, (m_2), expresada en gramos (g) y este procedimiento se repite por tres veces. Y para determinar el valor numérico de la densidad mínima seca de la muestra se usó la siguiente ecuación:

$$\gamma_{min} = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Donde:

γ_{min} : densidad mínima seca de la muestra

m_2 : masa de la muestra seca más la masa del molde

m_1 : masa del molde

V : volumen del molde

Para encontrar la masa unitaria máxima se deberá tarar y anotar la masa (m_3) del molde con la base sin el collar expresada en gramos con una precisión de 1 gr. Para luego proseguir con la compactación del material.

Luego se compacto la muestra en el molde con el collar en cinco capas aproximadamente iguales, aplicando a cada una de las capas 112 golpes por el martillo de 6" de diámetro. Durante la

compactación se deberá colocar el molde sobre una base sólida de concreto para así no generar amortiguamiento por los golpes.

Después de llenar y compactar el material en el molde, se quitará el collar y se enrasará cuidadosamente. Se determinará y anotará la masa (m_4), la cual representa la masa del molde más la masa del suelo en gramos (g) y este procedimiento se realiza dos veces. Y para determinar el valor numérico de la densidad máxima seca de la muestra se usó la siguiente ecuación:

$$\gamma_{\max} = \frac{m_4 - m_3}{V}$$

Donde:

γ_{\max} : densidad máxima seca de la muestra

m_4 : masa de la muestra seca más la masa del molde

m_3 : masa del molde

V : volumen del molde

3.1.1.2.9 Densidad relativa

Para determinar la densidad relativa del material granular original como también del material escalado proveniente del talud deslizado se hizo el siguiente procedimiento:

Clasificación de la muestra

Se tuvo que realizar una clasificación completa de la muestra, para así poder obtener la curva granulométrica original del material, la densidad o peso unitario in-situ por el método de reemplazo de agua y posteriormente en laboratorio determinar de la gravedad específica G_s .

Escalamiento de curvas granulométricas

Esta metodología consiste en escalar la curva granulométrica de la muestra original a curvas granulométricas con tamaños máximos menores al tamaño máximo de la muestra original. En la presente investigación las curvas granulométricas escaladas presentan los tamaños máximos de 6.35 mm (1/4"), 4.76 mm (N°4) y 2.00 mm (N°10).

Determinación del e, e_{max} y e_{min}

Para la determinación de estos parámetros que son necesarios para determinar la densidad relativa tanto del material original como del material escalado se tuvo como referencia la norma **I.N.V. E – 136 – 07**.

Para obtener el valor numérico de la densidad relativa y los valores de e_{max} y e_{min} de la muestra se usó las siguientes ecuaciones:

$$DR(\%) = \frac{(e_{\max} - e)}{(e_{\max} - e_{\min})} 100.$$

Donde:

DR: densidad relativa de la muestra

e_{max}: relación de vacíos máximo de la muestra

e_{min}: relación de vacíos mínimo de la muestra

$$e_{\max} = \frac{G_s \gamma_d}{\gamma_{d\max}} - 1, \quad e_{\min} = \frac{G_s \gamma_d}{\gamma_{d\max}} - 1, \quad e = \frac{G_s \gamma_d}{\gamma_d} - 1$$

G_s: gravedad específica de muestra

γ_d: densidad seca de la muestra

γ_{dmax}: densidad máxima seca de la muestra

γ_{dmin} : densidad mínima seca de la muestra

γ_w : densidad del agua

3.1.1.2.10 Ensayo de corte directo

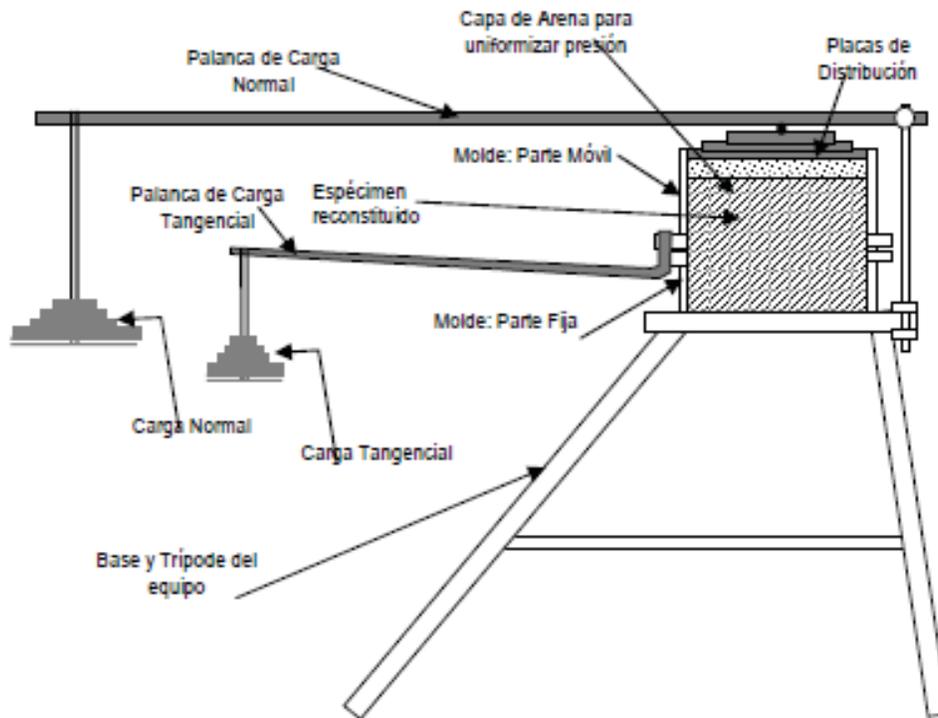
El ensayo de corte directo es el ensayo más adecuado para determinar con mayor facilidad las propiedades de resistencia al corte del suelo. Debido a que la trayectoria de drenaje de las muestras son cortas ya sea en muestras inalteradas, remoldeadas o compactadas, y esto se debe a que el diámetro y el espesor de la muestra a ensayar son relativamente pequeñas. Siendo esto una gran limitación al ensayo de corte directo debido a que el diámetro de la caja de corte está relacionado directamente con el tamaño máximo de la muestra el cual esta referenciado según la norma MTC E 123 y ASTM D 3080.

En la presente investigación el ensayo de corte directo fue desarrollado para la determinación de los parámetros de resistencia al corte, mediante la deformación de un espécimen en un rango de deformación controlada. Este ensayo requiere un mínimo de tres pruebas, cada uno bajo una diferente carga normal para así poder determinar el efecto sobre la resistencia y desplazamiento y las propiedades de resistencia al corte como son el ángulo de fricción (Φ) y la cohesión (C). Para esta investigación se realizó ensayos de corte directo a gran escala en donde se ensayó el material original del talud deslizado y el ensayo de corte directo en equipos convencionales a deformación controlada en donde se ensayó el material escalado.

Ensayo de corte directo a gran escala

Este ensayo es considerado un ensayo especial puesto que el espécimen es de gran dimensión debido a que el material suele presentar grava de 2 a 3” generando que el diámetro del molde de corte sea de gran dimensión. El espécimen a ensayar se construye con el material original proveniente del ensayo de densidad in situ para gravas, para este ensayo se debe tener cuidado en

la compactación de la muestra puesto que se debe de compactar el espécimen a ensayar hasta que la densidad en laboratorio resulte igual a la de campo. Finalmente el corte del material se realiza aplicando fuerzas muy grandes en un equipo desarrollado especialmente para este tipo de suelos. Las características del equipo de corte directo a gran escala se presentan en la Imagen 10.



Img. 10 Equipo de corte directo para gravas de molde de acero con diámetro de 25.4 cm

Corte directo convencional

El equipo de corte directo convencional que se utilizó para el ensayo de corte directo fue de gran ayuda debido a que este equipo trabaja a deformación controlada la cual nos dio una mayor visualización en el grafico esfuerzo deformación. Esto nos ayudó a ver con más claridad el esfuerzo máximo denominado resistencia pico y el decaimiento del esfuerzo hasta un esfuerzo residual denominado resistencia residual.

El equipo de corte directo convencional que se utilizó en la presente investigación tiene las siguientes características:

Diámetro del molde: este equipo presenta un diámetro de molde de 8.00 cm la cual permite ensayar solo muestras que tengan como tamaño máximo de partícula $\frac{1}{4}$ ".

Celda de carga: es un anillo de carga de compresión de 1 % de la fuerza de corte en condiciones de ruptura. Para los ensayos realizados se utilizó una celda de carga con una capacidad de 2000 N.

Aumento de carga

Aumento de carga para la fuerza normal: la fuerza normal es aplicada por un estribo en forma de marco el cual presenta un contrapeso y este mismo es para eliminar el peso del estribo y solo toma en cuenta el peso que se coloque en este.

Aumento de fuerza para cortar la muestra: este es el aumento de fuerza tangencial para así poder generar el corte de la muestra a una velocidad uniforme de desplazamiento y esta es generada por un motor eléctrico y la fuerza de carga es determinada por un indicador llamada celda o anillo de carga.

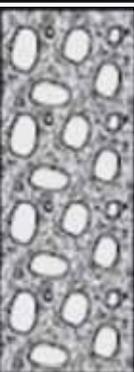
CAPÍTULOS IV: RESULTADOS, ANALISIS Y

DISCUSIÓN

4.1. Resultados de los ensayos realizados

REGISTRO DE EXCAVACION DE LA CALICATA C-1

Inspección visual del tipo de material y profundidad de la calicata ubicada en la parte central de la sección más crítica del talud fallado

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION	CLASIFICACION	
				SUCS	AASHTO
-2.50	C-1		MATERIAL GRANULAR	GW	A-1-a(0)

DENSIDAD DE CAMPO POR EL METODO DE REMPLAZO POR AGUA

Toma de datos y determinación de la densidad natural INSITU del talud deslizado en tres puntos según la **NORMAS TÉCNICA ASTM D 5030** como se puede ver en la figura donde se muestra la sección más crítica del talud y la ubicación de los puntos a evaluar.

ENSAYO N°	C1	C2	C3
Peso del Volumen Inicial del Agua(gr)	1970.00	1523.00	1552.00
Peso de la M2 (gr)	5087.00	3550.00	3275.00
Peso del Volumen Final de Agua (gr)	4685.00	3423.00	3327.00
Peso del Volumen del Agua (gr)	2715.00	1900.00	1775.00
Volumen del Suelo(cm3)	2715.00	1900.00	1775.00
Peso Seco del Suelo(gr)	4845.37	3381.37	3119.44
Densidad Húmeda del Suelo(gr/cm3)	1.874	1.868	1.845
Densidad Seca del Suelo(gr/cm3)	1.785	1.780	1.757

Tabla 12 Datos para el ensayo de densidad de campo por sustitución por agua

Densidad Húmeda promedio del suelo (gr/cm ³)	1.862
Densidad Seca promedio del suelo (gr/cm ³)	1.774

Tabla 13 Resultados obtenidos del ensayo de densidad en campo fuente elaboración propia.

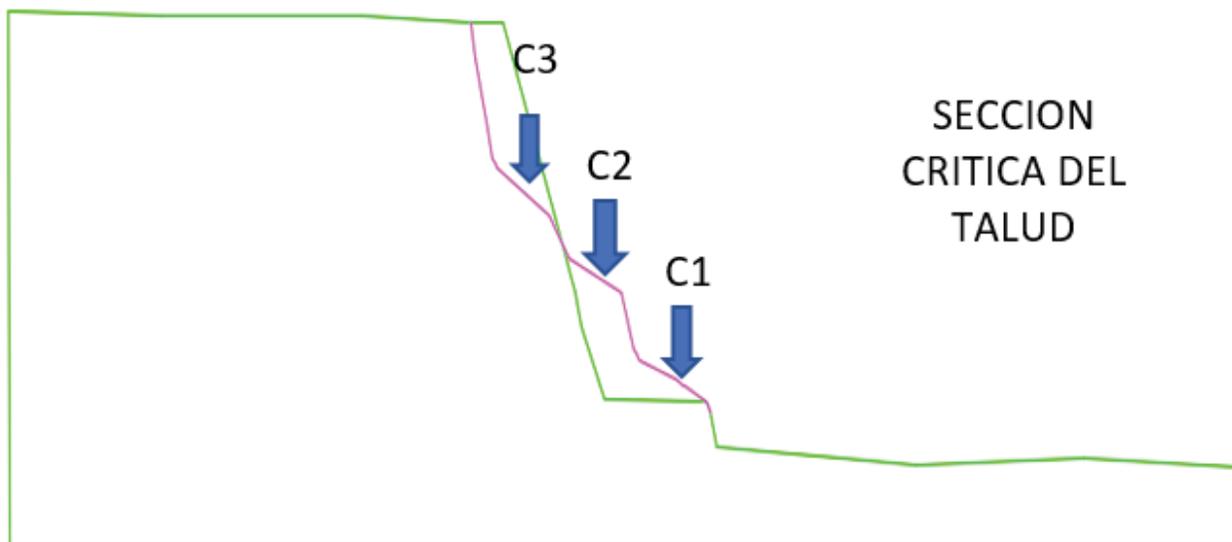


Fig. 12 Ubicación de los puntos de estudio en la sección crítica del talud fallado, para determinar la densidad natural insitu fuente elaboración propia

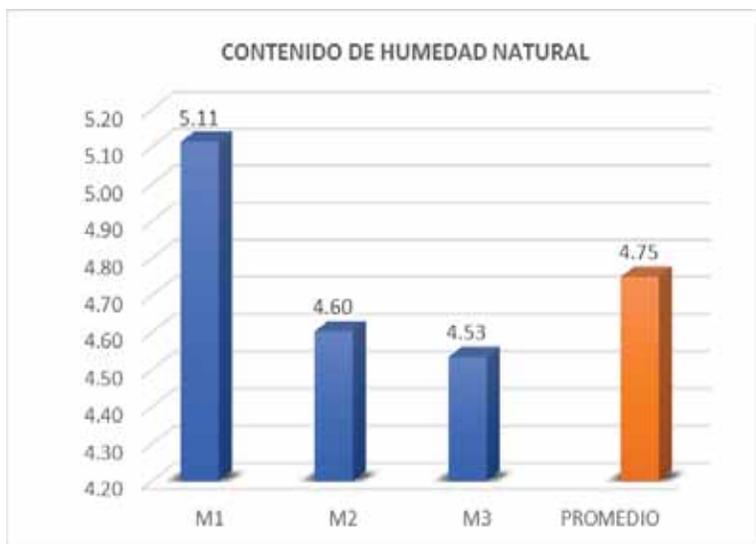
ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

Toma de datos y determinación de la humedad natural del material traído del talud fallado

según la **NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216**

ENSAYO N°	M1	M2	M3
PESO DE LA TARA gr.	31.59	30.17	30.67
PESO DE LA TARA + SUELO HUMEDO gr.	141.57	163.34	173.85
PESO TARA + SUELO SECO gr.	136.22	157.48	167.64
PESO DEL AGUA gr.	5.35	5.86	6.21
PESO SUELO SECO gr.	104.63	127.31	136.97
HUMEDAD%	5.11	4.60	4.53
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %		4.75	

Tabla 14 Datos para el ensayo de Humedad Natural fuente elaboración propia



CONTENIDO DE HUMEDAD	4.75 %
----------------------	--------

Fig. 13 Representación gráfica de la Humedad Natural

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA SUELOS

- Ensayo de gravedad específica para la muestra original según la **NORMA TÉCNICA:**
MTC E 113

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

a) peso específico para partículas menores que el tamiz n° 4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	1
Volumen del Picnómetro (ml)	250
Peso del Picnómetro (gr)	120.29
Peso de la Muestra Seca (gr)	68.08
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	412.32
Temperatura del Agua (°C)	17.0
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	368.93
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	43.39
Peso del Agua Desplazada (gr)	24.69
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	<u>2.757</u>
Factor de corrección por Temperatura	1.0005900
Peso Específico (gr/cm ³)	2.759

Tabla 15 Datos para el ensayo de gravedad específica para partículas menores que el tamiz n° 4 muestra original

b) peso específico para partículas entre los tamices n°4 y 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	1532.00
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	1556.49
Temperatura del Agua (°C)	16.0
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	954.80
Peso del Agua Desplazada (gr)	577.20
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	2.654
Factor de corrección por Temperatura	1.0007400
Peso Específico (gr/cm ³)	2.656
Capacidad de Absorción	1.60%

Tabla 16 datos ensayo de gravedad específica para partículas entre los tamices n°4 y 3/4 muestra original

c) peso específico para partículas mayores al tamiz 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	1382.00
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	1396.97
Temperatura del Agua (°C)	15.0
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	859.50
Peso del Agua Desplazada (gr)	522.50
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	2.645
Factor de corrección por Temperatura	1.0009000
Peso Específico (gr/cm ³)	2.647
Capacidad de Absorción	1.08%

Tabla 17 ensayo de gravedad específica para partículas mayores al tamiz 3/4 de la muestra original

	Peso Específico promedio (gr/cm³)	
Partículas finas	2.759	41.57%
Partículas medias	2.656	41.69%
Partículas gruesas	2.647	16.74%

$$Ge = \frac{1}{\frac{(\% \text{ medias})}{100 * Ge \text{ med}} + \frac{(\% \text{ gruesos})}{100 * Ge \text{ grs}} + \frac{(\% \text{ finos})}{100 * Ge \text{ fi}}}$$

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO(gr/cm³)	2.696
--	--------------

Tabla 18 Resultado de la gravedad específica de la muestra original

- Ensayo de gravedad específica para la muestra escalada de T_{max} de 6.35 mm según la
NORMA TÉCNICA: MTC E 113

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO
DE AGUA**

a) peso específico para partículas menores que el tamiz n° 4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	1
Volumen del Picnómetro (ml)	250
Peso del Picnómetro (gr)	120.29
Peso de la Muestra Seca (gr)	68.08
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	412.32
Temperatura del Agua (°C)	17.0
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	368.93
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	43.39
Peso del Agua Desplazada (gr)	24.69
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	<u>2.757</u>
Factor de corrección por Temperatura	1.0005900
Peso Específico (gr/cm ³)	2.759

Tabla 19 peso específico para partículas menores que el tamiz n°4 de la muestra escalada T_{max} 6.35 mm

b) peso específico para partículas entre los tamices n°4 y 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	1502.00
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	1526.49
Temperatura del Agua (°C)	16.0
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	924.80
Peso del Agua Desplazada (gr)	577.20
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	2.602
Factor de corrección por Temperatura	1.0007400
Peso Específico (gr/cm ³)	2.604
Capacidad de Absorción	1.63%

Tabla 20 peso específico para partículas entre los tamices n°4 y 3/4 de la muestra escalada de T_{max} 6.35 mm

	Peso Específico promedio (gr/cm ³)	
Partículas finas	2.759	93.800%
Partículas medias	2.604	6.20%

$$Ge = \frac{1}{\frac{\left(\frac{\% \text{ medias}}{100 * Ge \text{ med}}\right) + \left(\frac{\% \text{ finos}}{100 * Ge \text{ fi}}\right)}{100}}$$

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO(gr/cm ³)	2.748
---	-------

Tabla 21 resultado de la gravedad específica de la muestra escalada de Tmax 6.35 mm

- Ensayo de gravedad específica para la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm según la

NORMA TÉCNICA: MTC E 113

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

- a) peso específico para partículas menores que el tamiz n° 4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	1
Volumen del Picnómetro (ml)	250
Peso del Picnómetro (gr)	120.29
Peso de la Muestra Seca (gr)	68.08
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	412.32
Temperatura del Agua (°C)	17.0
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	368.93
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	43.39
Peso del Agua Desplazada (gr)	24.69
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	<u>2.757</u>
Factor de corrección por Temperatura	1.0005900
Peso Específico (gr/cm ³)	2.759

Tabla 22 ensayo de peso específico para partículas menores al tamiz n°4 de la muestra escalada de Tmax 4.76 mm

b) peso específico para partículas entre los tamices n°4 y 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	1512.00
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	1536.49
Temperatura del Agua (°C)	16.0
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	934.80
Peso del Agua Desplazada (gr)	577.20
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	2.620
Factor de corrección por Temperatura	1.0007400
Peso Específico (gr/cm ³)	2.621
Capacidad de Absorción	1.62%

	Peso Específico promedio (gr/cm ³)	
Partículas finas	2.759	98.200%
Partículas medias	2.621	1.80%

$$Ge = \frac{1}{\frac{\left(\frac{\% \text{ medias}}{100 * Ge \text{ med}}\right) + \left(\frac{\% \text{ finos}}{100 * Ge \text{ fi}}\right)}{100}}$$

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO(gr/cm³)	2.756
--	--------------

Tabla 23 resultados de la gravedad específica de la muestra escalada de Tmax 4.76 mm

- Ensayo de gravedad específica para la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm según la

NORMA TÉCNICA: MTC E 113

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

a) peso específico para partículas menores que el tamiz n°4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	1
Volumen del Picnómetro (ml)	250
Peso del Picnómetro (gr)	120.29
Peso de la Muestra Seca (gr)	68.08
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	412.32
Temperatura del Agua (°C)	17.0
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	368.93
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	43.39
Peso del Agua Desplazada (gr)	24.69
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	<u>2.757</u>
Factor de corrección por Temperatura	1.0005900
Peso Específico (gr/cm ³)	2.759

Tabla 24 peso específico para partículas menores al tamiz n°4 de la muestra escalada Tmax 2.00 mm

	Peso Específico promedio (gr/cm ³)	
Partículas finas	2.759	100.00%

$$Ge = \frac{1}{\frac{\left(\frac{\%finos}{100 * Ge fi}\right)}{100}}$$

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO(gr/cm ³)	2.759
---	-------

Tabla 25 resultado de la gravedad específica de la muestra escalada de Tmax 2.00 mm

GRADO DE SATURACION

GRADO DE SATURACIÓN DE LA MUESTRA ORIGINAL según relaciones

volumétricas (e, n, s%)

Peso húmedo de la muestra	Ph:	5087.00
Volumen de la muestra:	V:	2715.00
Peso específico de partículas solidas	Ge:	2.696
Peso unitario seco	Yd:	1.774
Contenido de Humedad	w%:	4.75%

Tabla 26 datos de la muestra original para determinar el grado de saturación

Volúmenes(cm3)		Peso (gr)
683.19	Aire	0.00
230.68	Líquido	230.68
1801.13	Sólidos	4856.32
TOTAL:		5087.00

$$V_s = \left(\frac{W_h}{1+w\%}\right)\left(\frac{1}{G_e}\right)$$

$$W_s = \frac{W_h}{1+w\%}$$

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad e = \frac{V_v}{V_s} \quad n = \frac{V_v}{V_T}$$

Relación de vacíos e:	0.507
Porosidad n%:	33.7%
Grado de Saturación S%:	25.24%

Tabla 27 resultados obtenidos del grado de saturación de la muestra original

GRADO DE SATURACIÓN DE LA MUESTRA ESCALADA DE Tmax 6.35 mm según

relaciones volumétricas (e, n, s%)

Peso húmedo de la muestra	Wh:	5087.00
Volumen de la muestra:	V:	2715.00
Peso específico de partículas sólidas	Ge:	2.748
Peso unitario seco	Yd:	1.774
Contenido de Humedad	w%:	4.75%

Tabla 28 datos de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm para determinar el grado de saturación

Volúmenes(cm3)		Peso (gr)
717.39	Aire	0.00
230.68	Líquido	230.68
1766.93	Sólidos	4856.32
TOTAL:		5087.00

Relación de vacíos e:	0.537
Porosidad n%:	34.9%
Grado de Saturación S%:	24.33%

Tabla 29 resultados obtenidos del grado de saturación de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm

GRADO DE SATURACIÓN DE LA MUESTRA ESCALADA DE Tmax 4.76 mm según

relaciones volumétricas

Peso húmedo de la muestra	Wh:	5087.00
Volumen de la muestra:	V:	2715.00
Peso específico de partículas solidas	Ge:	2.756
Peso unitario seco	Yd:	1.774
Contenido de Humedad	w%:	4.75%

Tabla 30 datos de la muestra escalada de Tmax 4.76 mm para determinar el grado de saturación

Volúmenes(cm3)		Peso (gr)
722.20	Aire	0.00
230.68	Liquido	230.68
1762.12	Solidos	4856.32
TOTAL:		5087.00

Relación de vacíos e:	0.541
Porosidad n%:	35.1%
Grado de Saturación S%:	24.21%

Tabla 31 resultados obtenidos del grado de saturación de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

GRADO DE SATURACIÓN DE LA MUESTRA ESCALADA DE Tmax 2.00 mm según

relaciones volumétricas (e, n, s%)

Peso húmedo de la muestra	Wh:	5087.00
Volumen de la muestra:	V:	2715.00
Peso específico de partículas solidas	Ge:	2.759
Peso unitario seco	Yd:	1.774
Contenido de Humedad	w%:	4.75%

Tabla 32 datos de la muestra escalda de Tmax de 2.00 mm para determinar el grado de saturación

Volúmenes(cm3)		Peso (gr)
723.86	Aire	0.00
230.68	Liquido	230.68
1760.46	Solidos	4856.32
TOTAL: <u>2715.00</u>		<u>5087.00</u>

Relación de vacios e:	0.542
Porosidad n%:	35.2%
Grado de Saturación S%:	24.17%

Tabla 33 resultados obtenidos del grados de saturación de la muestra escalda de Tmax 2.00 mm

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Según normas técnicas: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

Descripción de la muestra

<u>Peso de Muestras</u>			<u>Fracciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco	(gr.)	9730.00	% de Grava (Ret. Tamiz N° 4)	58.43%
Peso Después de Lavar	(gr.)	9261.00	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	36.75%
Perdida por Lavado	(gr.)	469.00	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	4.82%
<u>Datos Generales</u>			% que pasa el tamiz N° 10	28.98%
% de Gruesos		95.18%	% que pasa el tamiz N° 40	12.91%
% de Finos		4.82%	% que pasa el tamiz N° 200	4.82%
Total		100.00%	<u>Gradación</u>	Ninguna

Tabla 34 datos para la granulometría de la muestra original y resultados

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE
		RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	38.100	103.00	1.06%	1.06%	98.94%
1"	25.400	651.00	6.69%	7.75%	92.25%
¾"	19.000	875.00	8.99%	16.74%	83.26%
⅜"	9.500	1962.00	20.16%	36.91%	63.09%
N° 4	4.760	2094.00	21.52%	58.43%	41.57%
N° 10	2.000	1225.00	12.59%	71.02%	28.98%
N° 20	0.840	907.00	9.32%	80.34%	19.66%
N° 40	0.425	657.00	6.75%	87.09%	12.91%
N° 60	0.260	682.00	7.01%	94.10%	5.90%
N° 140	0.106	94.00	0.97%	95.07%	4.93%
N° 200	0.075	11.00	0.11%	95.18%	4.82%
< N° 200	Cazuela	0.00	0.00%	95.18%	-
Lavado	-	469.0	4.82%	100.00%	-
			100.00%		

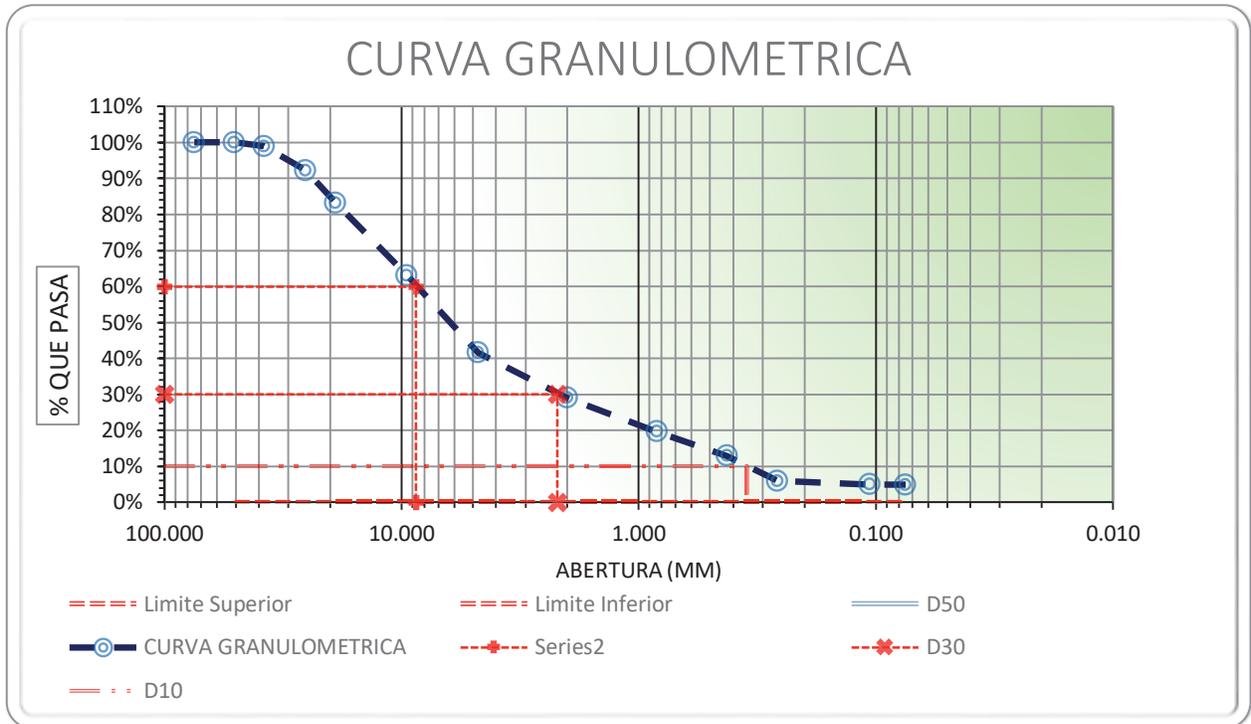


Fig. 14 representación gráfica dela curva granulométrica de la muestra original

D60 =	8.7
D30 =	2.2
D10 =	0.35

Cu =	24.86
Cc =	1.59

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

Según NORMA TECNICA ASTM D- 2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN	
Tipo de Suelo	
Tipo =	Inorgánico
De la Granulometría	
% de Gruesos =	95.18%
% de Finos =	4.82%
Total =	100.00%
% de Grava =	58.43%
% de Arena =	36.75%
Total =	95.18%

Coefficientes	
Cu =	24.86
Cc =	1.589
De Límites de Consistencia	
LL =	NO PRESENTA
LP =	NO PRESENTA
IP =	NO PRESENTA

Tabla 35 datos para la clasificación de suelos según SUCS de la muestra original

La clasificación del material proveniente da de Quebrada de cancha Uran según el SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS es de **GW grava bien graduada arenosa**

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN AASTHO

Seguna AASTHO M -145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN					
De Granulometría		De Límites de Consistencia		Otros Datos	
% que pasa el tamiz N° 10 =	28.98%	LL =	0.00%	Tipo =	Inorgánico
% que pasa el tamiz N° 40 =	12.91%	LP =	0.00%		
% que pasa el tamiz N° 200 =	4.82%	IP =	0.00%		

Tabla 36 datos para la clasificación de suelos según AASTHO de la muestra original

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO		
F =	4.82	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz N° 200
w _L =	0.00	w _L = Límite líquido
I _p =	0.00	I _p = Índice de plasticidad

IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd

a = F - 35	a = -30.18	==>	a = 0.00
b = F - 15	b = -10.18	==>	b = 0.00
c = w _L - 40	c = -40.00	==>	c = 0.00
d = I _p - 10	d = -10.00	==>	d = 0.00

IG = 0

La clasificación del material proveniente da de Quebrada de cancha Uran según el SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN AASTHO es de **A-1-a(0) material granular**

GRANULOMETRIA ESCALADAS

Descripción de la muestra Tmax 6.35 mm

<u>Peso de Muestras</u>			<u>Fraciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco	(gr.)	9730.00	% de Grava (Ret. Tamiz N° 4)	6.20%
Peso Después de Lavar	(gr.)	9009.98	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	86.40%
Perdida por Lavado	(gr.)	720.02	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	7.40%
<u>Datos Generales</u>			% que pasa el tamiz N° 10	71.10%
% de Gruesos		92.60%	% que pasa el tamiz N° 40	33.60%
% de Finos		7.40%	% que pasa el tamiz N° 200	9.20%
Total		100.00%		

Tabla 37 datos para la granulometría de la muestra escalada de Tmax 6.35 mm y sus resultados

Análisis granulométrico de la muestra escalada con Tmax 25.40mm

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE
	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
⅜"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
¼"	6.350	175.14	1.80%	1.80%	98.20%
N° 4	4.760	428.12	4.40%	4.40%	95.60%
N° 10	2.000	2383.85	24.50%	28.90%	71.10%
N° 20	0.840	2666.02	27.40%	56.30%	43.70%
N° 40	0.425	982.73	10.10%	66.40%	33.60%
N° 60	0.260	554.61	5.70%	72.10%	27.90%
N° 140	0.106	973.00	10.00%	82.10%	17.90%
N° 200	0.075	846.51	8.70%	90.80%	9.20%
< N° 200	Cazuela	0.00	0.00%	90.80%	-
Lavado	-	720.0	7.40%	98.20%	-
		9730.0	100.00%		

Cc=	20.00	Cu=	1.01
-----	--------------	-----	-------------

Descripción de la muestra Tmax 4.76 mm

<u>Peso de Muestras</u>			<u>Fracciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco	(gr.)	9730.00	% de Grava (Ret. Tamiz N° 4)	1.80%
Peso Despues de Lavar	(gr.)	9009.98	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	90.80%
Perdida por Lavado	(gr.)	720.02	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	7.40%
<u>Datos Generales</u>			% que pasa el tamiz N° 10	78.00%
% de Gruesos		92.60%	% que pasa el tamiz N° 40	36.00%
% de Finos		7.40%	% que pasa el tamiz N° 200	7.40%
Total		100.00%		

Tabla 38 datos para la granulometría de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm y sus resultados

Análisis granulométrico de la muestra escalada con Tmax 4.76 mm

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE
	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.760	175.14	1.80%	1.80%	98.20%
N° 10	2.000	1965.46	20.20%	22.00%	78.00%
N° 20	0.840	2714.67	27.90%	49.90%	50.10%
N° 40	0.425	1371.93	14.10%	64.00%	36.00%
N° 60	0.260	758.94	7.80%	71.80%	28.20%
N° 140	0.106	875.70	9.00%	80.80%	19.20%
N° 200	0.075	1148.14	11.80%	92.60%	7.40%
< N° 200	Cazuela	0.00	0.00%	92.60%	-
Lavado	-	720.0	7.40%	100.00%	-
		9730.0	100.00%		

Cc=	18.67	Cu=	0.80
-----	--------------	-----	-------------

Descripción de la muestra Tmax 2.00 mm

<u>Peso de Muestras</u>			<u>Fracciones de Grava, Arena, Finos</u>	
Peso Total Seco	(gr.)	9730.00	% de Grava (Ret. Tamiz N° 4)	0.00%
Peso Despues de Lavar	(gr.)	9009.98	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)	92.60%
Perdida por Lavado	(gr.)	720.02	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)	7.40%
<u>Datos Generales</u>			% que pasa el tamiz N° 10	98.20%
% de Gruesos		92.60%	% que pasa el tamiz N° 40	58.00%
% de Finos		7.40%	% que pasa el tamiz N° 200	7.40%
Total		100.00%		

Tabla 39 datos para la granulometría dela muestra escalada de Tmax de 2.00 mm y sus resultados

Análisis granulométrico de la muestra escalada con Tmax 2.00 mm

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE
	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
⅜"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 10	2.000	175.14	1.80%	1.80%	98.20%
N° 20	0.840	2023.84	20.80%	22.60%	77.40%
N° 40	0.425	1887.62	19.40%	42.00%	58.00%
N° 60	0.260	1547.07	15.90%	57.90%	42.10%
N° 140	0.106	1362.20	14.00%	71.90%	28.10%
N° 200	0.075	2014.11	20.70%	92.60%	7.40%
< N° 200	Cazuela	0.00	0.00%	92.60%	-
Lavado	-	720.0	7.40%	100.00%	-
		9730.0	100.00%		

Cc=	6.40	Cu=	0.54
-----	-------------	-----	-------------

Curvas granulométricas la original y las escaladas (T_{max} de 6.35 mm, 4.76 mm, 2.00 mm)

CURVA GRANULOMETRICA

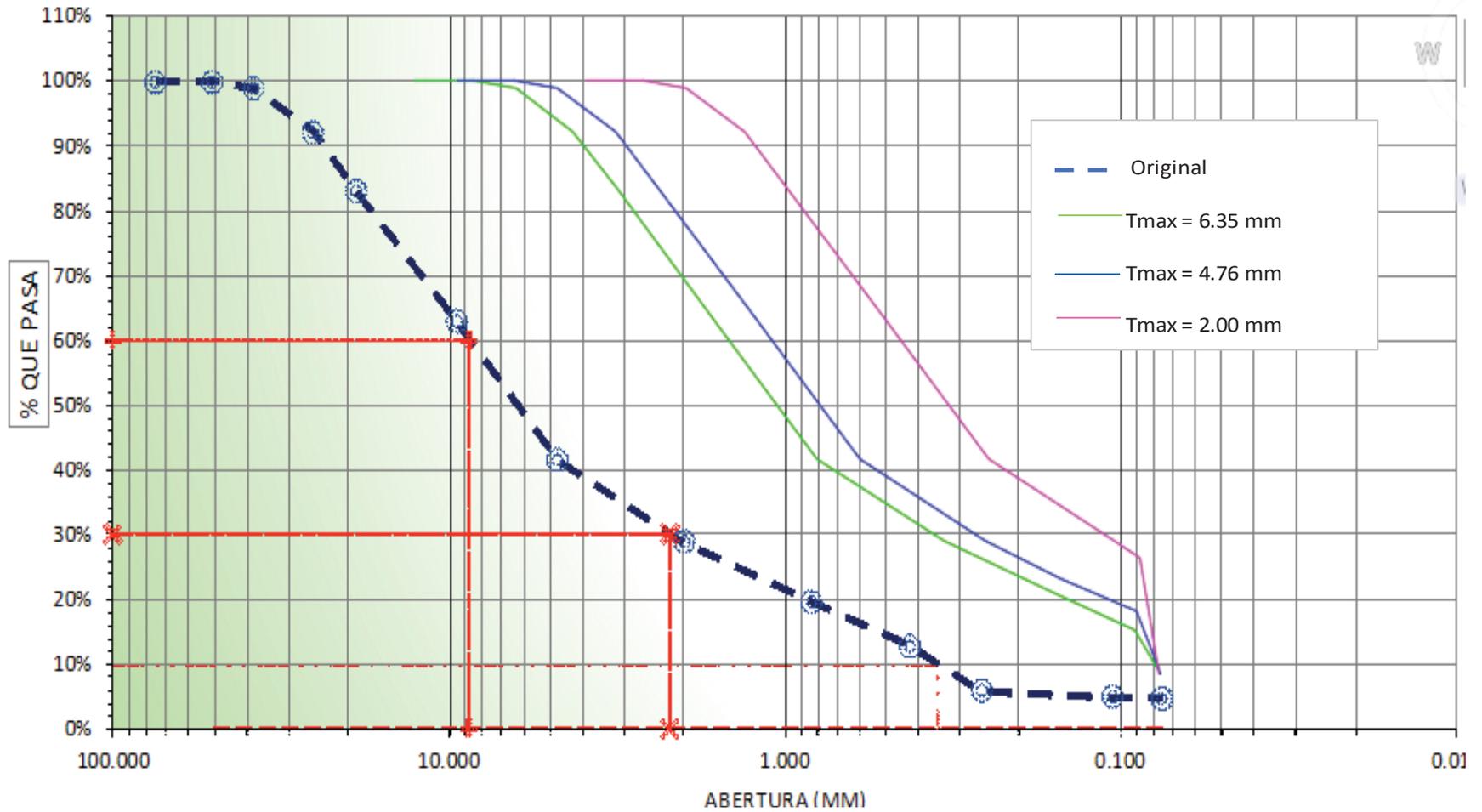


Fig. 15 representación grafica de la curva granulométrica escaladas de T_{max} de 6.35 mm, 4.76 mm y 2.00 mm

ENERGIA DE COMPACTACION PARA DENSIDADES MAXIMAS

Martillo Marshall de 6"	
W(Kg):	4.50
H(cm)	46
D(cm):	15.24
A(cm2):	182.4146925
n(Capas):	5
Volumen(cm3):	2123.30702
E(kg-cm/cm3)	54.44

$$Ec = \frac{N * n * W * h}{V}$$

$$N = \frac{Ec * V}{n * W * h}$$

N(golpes):	111.6797948	112
------------	-------------	------------

Tabla 40 datos y resultados del número de golpes según la ecuación de la energía

DENSIDAD RELATIVA Y DENSIDADES máx. Y min. DE LA MUESTRA ORIGINAL

$$DR(\%) = \frac{(e_{max} - e)}{(e_{max} - e_{min})} 100.$$

$$e_{máx} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{dmin}} - 1, \quad e_{min} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{dmáx}} - 1, \quad e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

Peso específico de partículas solidas	Ge:	2.696
peso unitario del agua	Yw:	1
peso unitario seco	Yd:	1.774

Tabla 41 datos para determinar la densidad máxima de la muestra original

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm3)	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	11266.2	11277.5
peso de la muestra compactada (gr)	4610.9	4622.2
peso unitario seco máximo (gr/cm3)	2.165	2.170

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm ³)	2130	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	10150.5	10103.3	10143.7
peso de la muestra suelta (gr)	3495.2	3448	3488.4
peso unitario seco mínimo (gr/cm ³)	1.641	1.619	1.638

peso unitario seco máximo	Y _{dmax} :(gr/cm ³)	2.170
peso unitario seco mínimo	Y _{dmin} :(gr/cm ³)	1.619

Tabla 42 resultados obtenidos de la densidad max y min de la muestra original

Relación de vacíos	e:	0.507
Relación de vacíos	e max:	0.666
Relación de vacíos	e min:	0.242

DENSIDAD RELATIVA	DR : (%)	37
-------------------	----------	-----------

Tabla 43 resultados obtenidos de e, e_{max}, e_{min} y DR de la muestra original

Dr (%)	Estado del suelo
Muy suelto	0-15
Suelto	15-35
Medio denso	35-65
Denso	65-85
Muy denso	85-100

DENSIDAD RELATIVA (DR) Y DENSIDAD máx. y min. DE LAS MUESTRAS

ESCALADAS

Densidad relativa (DR) Max y Min de la curva escalada de T_{max} : 6.35 mm

Densidad máxima de la curva escada de T_{max}. 6.35 mm

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm ³)	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	11069.4	11032
peso de la muestra compactada (gr)	4414.1	4376.7
peso unitario seco máximo	2.07	2.05
peso unitario seco máximo (gr/cm ³)	2.07	

Densidad mínima de la curva escalada de T_{max}. 6.35 mm

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm ³)	2130	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	10006.3	10002	10082.4
peso de la muestra suelta (gr)	3351	3346.4	3427.1
peso unitario seco mínimo	1.57	1.57	1.61
peso unitario seco mínimo (gr/cm ³)	1.57		

Tabla 44 datos y resultados de las densidades max y min de la muestra escalada de T_{max} 6.35 mm

Resultados de la relación de vacíos maxi, min y la densidad relativa (DR) de la muestra escalada de 6.35 mm

Relación de vacíos	e:	0.537
Relación de vacíos	e max:	0.716
Relación de vacíos	e min:	0.301
DENSIDAD RELATIVA Tmax= 6.35 mm	DR :(%)	43.3

Tabla 45 resultados obtenidos de e, emax, emin y DR de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm

Densidad de relativa (DR), max y mim de la curva escalada de tmax : 4.76 mm

Densidad máxima de la curva escalda de Tmax. 4.76 mm

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm3)	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	11011.9	11000.5
peso de la muestra compactada (gr)	4356.6	4345.2
peso unitario seco máximo	2.05	2.04
peso unitario seco máximo (gr/cm3)	2.05	

Densidad mínima de la curva escalada de Tmax. 4.76 mm

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm3)	2130	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	10016.5	10028	10051
peso de la muestra suelta (gr)	3361.2	3372.8	3395.7
peso unitario seco mínimo	1.58	1.58	1.59
peso unitario seco mínimo (gr/cm3)	1.58		

Tabla 46 datos y resultados obtenidos de las densidades max y min de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

Resultados de la relación de vacíos maxi, min y la densidad relativa (DR) de la muestra escalada de 4.76 mm

Relación de vacíos	e:	0.541
Relación de vacíos	e max:	0.709
Relación de vacíos	e min:	0.318
DENSIDAD RELATIVA Tmax= 4.76 mm	DR :(%)	43.0

Tabla 47 resultados obtenidos de e, emax, emin y DR de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

**DENSIDADE RELATIVA (DR) MAX Y MIM DE LA CURVA ESCALADA DE Tmax :
2.00 mm**

Densidad máxima de la curva escalda de Tmax. 2.00 mm

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm3)	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	11003.7	11064.2
peso de la muestra compactada (gr)	4348.4	4408.9
peso unitario seco máximo	2.04	2.07
peso unitario seco máximo (gr/cm3)	2.07	

Densidad mínima de la curva escalada de Tmax. 2.00 mm

peso del molde (gr)	6655.3	6655.3	6655.3
volumen del molde (cm3)	2130	2130	2130
peso del molde + muestra (gr)	9971.4	9961.5	9958.2
peso de la muestra suelta (gr)	3316.1	3306.2	3302.9
peso unitario seco mínimo	1.56	1.55	1.55
peso unitario seco mínimo (gr/cm3)	1.55		

Tabla 48 datos y resultados de las densidades max y min de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm

Resultados de la relación de vacíos maxi, min y la densidad relativa (DR) de la muestra escalada de 2.00 mm

Relación de vacíos	e:	0.542
Relación de vacíos	e max:	0.739
Relación de vacíos	e min:	0.303
DENSIDAD RELATIVA Tmax= 2.00 mm	DR :(%)	45.1

Tabla 49 resultados obtenidos de e, emax, emin y DR de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm

PREPARACION DE LAS MUESTRAS ORIGINAL Y ESCALADAS PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Muestra original

diametro de la muestra (cm)	25.40
altura de la muestra (cm)	16.40
volumen de la muestra (cm ³)	8310.00
densidad natural de lamuestra (gr/cm ³)	1.86
contenido de humedad(%)	4.75
peso de la muestra humeda (gr)	15476.43
peso de la muestra seca (gr)	14741.30
peso del volumen de agua (gr)	735.13
densidad relativa (%)	37.40

Muestra escalada con Tmax. 6.35 mm

diametro de la muestra (cm)	8.00
altura de la muestra (cm)	4.00
volumen de la muestra (cm ³)	201.06
densidad natural de lamuestra (gr/cm ³)	1.86
contenido de humedad(%)	4.75
peso de la muestra humeda (gr)	374.45
peso de la muestra seca (gr)	356.67
peso del volumen de agua (gr)	17.79
densidad relativa (%)	43.27

Muestra escalada con Tmax. 4.76 mm

diametro de la muestra (cm)	8.00
altura de la muestra (cm)	4.00
volumen de la muestra (cm ³)	201.06
densidad natural de lamuestra (gr/cm ³)	1.86
contenido de humedad(%)	4.75
peso de la muestra humeda (gr)	374.45
peso de la muestra seca (gr)	356.67
peso del volumen de agua (gr)	17.79
densidad relativa (%)	43.00

Muestra escalada con Tmax. 2.00 mm

diametro de la muestra (cm)	8.00
altura de la muestra (cm)	4.00
volumen de la muestra (cm ³)	201.06
densidad natural de lamuestra (gr/cm ³)	1.86
contenido de humedad(%)	4.75
peso de la muestra humeda (gr)	374.45
peso de la muestra seca (gr)	356.67
peso del volumen de agua (gr)	17.79
densidad relativa (%)	45.07

Tabla 50 preparación de las muestras originales y escaladas para el ensayo de corte directo

ENSAYO DE CORTE A GRAN ESCALA

Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Diámetro (mm)	25.40	25.40	25.40
Área (cm ²)	506.71	506.71	506.71
Masa M. húmeda (g)	15,476.43	15,476.43	15,476.43
Altura de la muestra(cm)	16.40	16.40	16.40
Volumen del Anillo (cm ³)	8310.00	8310.00	8310.00
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.86	1.86	1.86

Condiciones iniciales

Humedad natural (%)	4.75	4.75	4.75
Masa muestra seca Md (g)	14,741.30	14,741.30	14,741.30
Densidad seca rd (g/cm ³)	1.77	1.77	1.77
Gravedad específica G		2.76	

Tabla 51 condiciones iniciales de la muestra original antes de ensayarlo

carga/ contra carga			constantes	
F.	177	cm	Kn =	11.42
Normal	15.5	cm		
F. Tang.	103	cm	Kt=	22.89
	4.5	cm		

	Normal			Tangencial		
	W	C.G x	Esf.	W	C.G x	F
Palanca	4.769	69	0.04	2.606	34	19.69
Port/pesa	0	0	0	0.91	103	20.728

Tabla 52 descripción de las cargas normal y tangencial para el ensayo de corte a gran escala

Wn = 16.3 Kg				Wn = 31.5 Kg				Wn = 42.8 Kg			
Lecturas		Esf.		Lecturas		Esf.		Lecturas		Esf.	
W	Def.	Unit.	Tang.	W	Def.	Unit.	Tang.	W	Def.	Unit.	Tang.
Kg	mm	%	Kg	Kg	mm	%	Kg	Kg	mm	%	Kg
Pal	0	0.00	0.05	Pal	0	0.00	0.05	Pal	0	0.00	0.05
p/ps	6	0.24	0.05	p/ps	2	0.08	0.05	p/ps	2	0.08	0.05
1.00	18.00	0.71	0.09	1.00	6.00	0.24	0.09	1.00	7.00	0.28	0.09
2.00	31.00	1.22	0.14	2.00	16.00	0.63	0.14	2.00	12.00	0.47	0.14
3.00	47.00	1.85	0.18	3.00	22.00	0.87	0.18	3.00	16.00	0.63	0.18
4.00	65.00	2.56	0.23	4.00	27.00	1.06	0.23	4.00	20.00	0.79	0.23
5.00	85.00	3.35	0.27	5.00	34.00	1.34	0.27	5.00	24.00	0.94	0.27
6.00	100.00	3.94	0.32	6.00	44.00	1.73	0.32	6.00	28.00	1.10	0.32
7.00	122.00	4.80	0.36	7.00	48.00	1.89	0.36	7.00	34.00	1.34	0.36
8.00	146.00	5.75	0.41	8.00	52.00	2.05	0.41	8.00	38.00	1.50	0.41
9.00	167.00	6.57	0.45	9.00	59.00	2.32	0.45	9.00	44.00	1.73	0.45
				10.00	66.00	2.60	0.50	10.00	51.00	2.01	0.50
				11.00	72.00	2.83	0.54	11.00	57.00	2.24	0.54
				12.00	80.00	3.15	0.59	12.00	62.00	2.44	0.59
				13.00	91.00	3.58	0.63	13.00	65.00	2.56	0.63
				14.00	101.00	3.98	0.68	14.00	70.00	2.76	0.68
				15.00	115.00	4.53	0.72	15.00	74.00	2.91	0.72
				16.00	128.00	5.04	0.77	16.00	82.00	3.23	0.77
				17.00	147.00	5.79	0.81	17.00	89.00	3.50	0.81
				18.00	165.00	6.50	0.86	18.00	96.00	3.78	0.86
				19.00	175.00	6.89	0.91	19.00	107.00	4.21	0.91
								20.00	117.00	4.61	0.95
								21.00	133.00	5.24	1.00
								22.00	157.00	6.18	1.04
								23.00	165.00	6.50	1.09
								24.00	174.00	6.85	1.13
								25.00	183.00	7.20	1.18

Tabla 53 resumen de los resultados obtenidos de las deformaciones tangenciales y esfuerzo tangencial (kg/cm2)

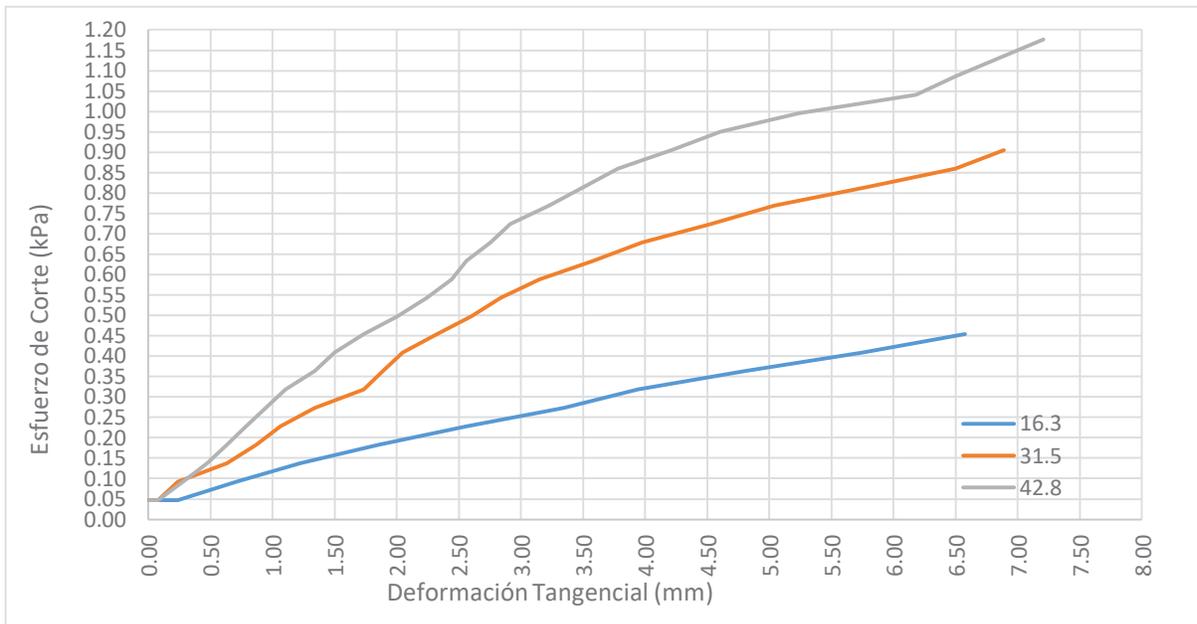


Fig. 16 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra original

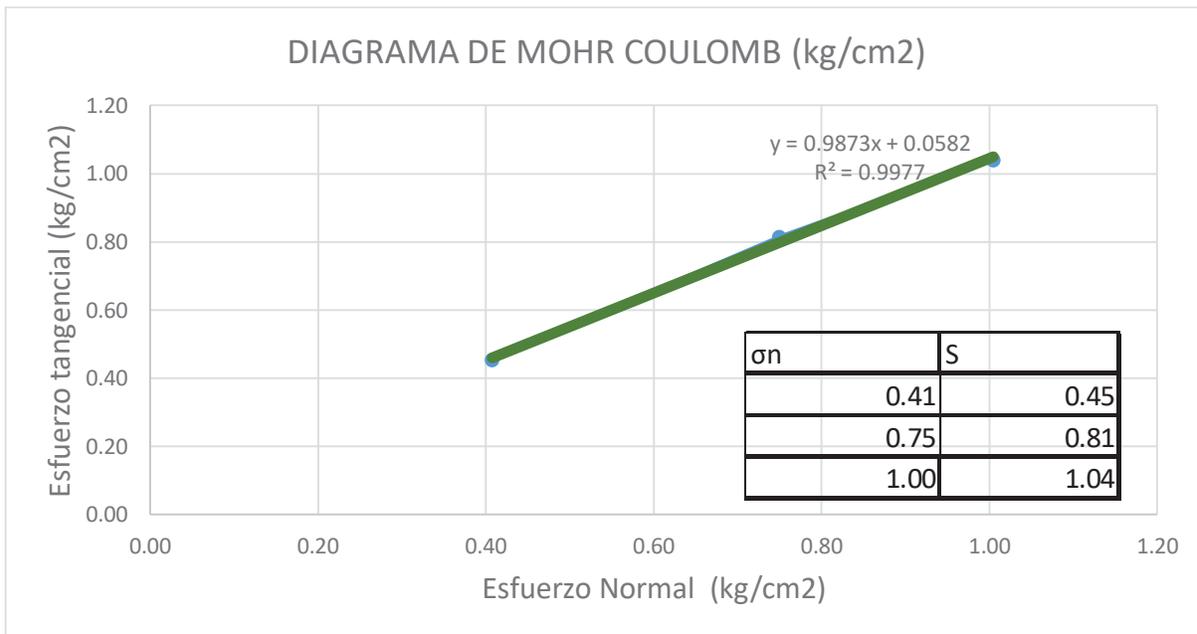


Fig. 17 diagrama de Mohr Coulomb del ensayo de corte de la muestra original

cohesión (kg/cm ²)	0.058
° de fricción	44° 38' 01"

Tabla 54 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalada

Para determinar los valores de la cohesion y el angulo de friccion de la **muestra original** mediante el diagrama de Mohr Coulomb se aplico un algoritmo condicional a los datos de los esfuerzos tangenciales y normales y esto ha sido comprobado con la ecuacion de la recta.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON EQUIPO CONVENCIONAL

Ensayo de corte directo de la muestra escalada de Tmax. = 6.35 mm

Par el ensayo de corte directo se tuvo como referencia la **NORMA ASTM D 3080**

Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4
Diámetro (cm)	8.00	8.00	8.00	8.00
Área (cm ²)	50.27	50.27	50.27	50.27
Masa M. húmeda (g)	374.45	374.45	374.45	374.45
Altura de la muestra(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00
Volumen del Anillo (cm ³)	201.06	201.06	201.06	201.06
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.86	1.86	1.86	1.86

Tabla 55 parámetros de la muestra escalda de Tmax de 6.35 mm para el ensayo de corte

Condiciones iniciales				
Humedad natural (%)	4.75	4.75	4.75	4.75
Masa muestra seca Md (g)	356.67	356.67	356.67	356.67
Densidad seca rd (g/cm ³)	1.77	1.77	1.77	1.77

Parámetros del Ensayo				
Pesas en el brazo (kg)	1.00	2.00	3.00	4.00
Carga total en la muestra (kg)	4.454	4.454	4.454	4.454
Múltiplo (5 / 10)	10.000	10.000	10.000	10.000
Esfuerzo Vertical (kpa)	28.20	47.71	67.22	86.73
Velocidad de desplazam. (mm/min)	0.50	0.50	0.50	0.50

Tabla 56 parámetros del ensayo de corte para la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm

Def. Horizontal		Fuerza				Esfuerzo Cortante			
(%)	(mm)	(N)				(kPa)			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.05	41.00	54.80	108.20	47.60	8.16	10.90	21.53	9.47
0.20	0.10	71.40	91.20	143.80	80.80	14.20	18.14	28.61	16.07
0.30	0.15	94.60	115.00	188.00	107.80	18.82	22.88	37.40	21.45
0.40	0.20	112.40	134.20	190.20	128.60	22.36	26.70	37.84	25.58
0.50	0.25	127.80	150.80	203.00	142.80	25.43	30.00	40.39	28.41
0.60	0.30	141.40	166.20	203.10	157.60	28.13	33.06	40.41	31.35
0.70	0.36	151.00	177.00	204.50	170.60	30.04	35.21	40.68	33.94
0.80	0.41	159.00	185.60	205.40	177.80	31.63	36.92	40.86	35.37
0.90	0.46	164.80	192.40	205.90	193.80	32.79	38.28	40.96	38.56
1.00	0.51	169.60	195.20	206.10	203.40	33.74	38.83	41.00	40.47
1.20	0.61	175.00	207.80	206.80	217.00	34.82	41.34	41.14	43.17
1.40	0.71	178.00	202.60	206.90	229.00	35.41	40.31	41.16	45.56
1.60	0.81	179.20	215.40	218.50	237.80	35.65	42.85	43.47	47.31
1.80	0.91	179.60	220.60	222.20	245.20	35.73	43.89	44.21	48.78
2.00	1.02	180.20	223.20	227.40	252.60	35.85	44.40	45.24	50.25
2.50	1.27	180.60	228.40	230.80	265.80	35.93	45.44	45.92	52.88
3.00	1.52	179.40	233.20	258.00	274.60	35.69	46.39	51.33	54.63
3.50	1.78	179.00	237.20	283.20	283.00	35.61	47.19	56.34	56.30
4.00	2.03	178.40	240.00	287.40	294.00	35.49	47.75	57.18	58.49
4.50	2.29	176.40	242.20	297.80	302.20	35.09	48.18	59.25	60.12
5.00	2.54	175.80	244.80	308.80	312.00	34.97	48.70	61.43	62.07
5.50	2.79	175.20	244.80	315.00	320.40	34.85	48.70	62.67	63.74
6.00	3.05	174.40	246.60	322.80	328.60	34.70	49.06	64.22	65.37
6.50	3.30	173.40	247.60	326.20	335.80	34.50	49.26	64.90	66.81
7.00	3.56	172.00	248.20	330.80	342.20	34.22	49.38	65.81	68.08
7.50	3.81	171.60	249.40	335.00	349.20	34.14	49.62	66.65	69.47
8.00	4.06	172.00	248.20	339.40	353.20	34.22	49.38	67.52	70.27
8.50	4.32	172.20	248.80	347.00	357.80	34.26	49.50	69.03	71.18
9.00	4.57	171.60	249.20	353.60	363.20	34.14	49.58	70.35	72.26
9.50	4.83	171.20	247.80	356.60	368.40	34.06	49.30	70.94	73.29
10.00	5.08	169.40	248.00	359.80	373.00	33.70	49.34	71.58	74.21
11.00	5.59	168.20	249.40	364.80	382.80	33.46	49.62	72.57	76.16
12.00	6.10	166.80	247.00	367.60	391.20	33.18	49.14	73.13	77.83
13.00	6.60	167.20	245.20	369.00	395.80	33.26	48.78	73.41	78.74
14.00	7.11	166.60	244.80	369.20	403.80	33.14	48.70	73.45	80.33
15.00	7.62	166.60	244.40	370.00	408.00	33.14	48.62	73.61	81.17
16.00	8.13	167.00	243.40	372.80	415.00	33.22	48.42	74.17	82.56
17.00	8.64	167.20	242.60	374.40	418.20	33.26	48.26	74.48	83.20
18.00	9.14	167.20	239.80	376.20	420.00	33.26	47.71	74.84	83.56
19.00	9.65	168.60	241.20	375.40	423.00	33.54	47.99	74.68	84.15
20.00	10.16	167.80	240.60	374.80	426.40	33.38	47.87	74.56	84.83
21.00	10.67	168.40	239.00	371.00	430.40	33.50	47.55	73.81	85.63
22.00	11.18	167.20	238.60	372.40	434.00	33.26	47.47	74.09	86.34
23.00	11.68	170.20	235.60	373.40	436.60	33.86	46.87	74.29	86.86
24.00	12.19	172.00	236.60	372.80	438.40	34.22	47.07	74.17	87.22
25.00	12.70	169.80	236.20	372.20	443.00	33.78	46.99	74.05	88.13
27.00	13.72	169.80	234.40	369.00	442.80	33.78	46.63	73.41	88.09
29.00	14.73	167.80	230.20	371.80	442.00	33.38	45.80	73.97	87.93
31.00	15.75	171.80	237.60	378.20	447.40	34.18	47.27	75.24	89.01
33.00	16.76	171.60	243.80	381.60	450.40	34.14	48.50	75.92	89.60
35.00	17.78	172.60	244.60	381.00	450.40	34.34	48.66	75.80	89.60

Tabla 57 resultados obtenidos de la deformación tangencial y el esfuerzo cortante en el ensayo de corte directo de la muestra escalada de T_{max} 6.35 mm

**RESULTADOS DE ESFUERZOS PICO NORMAL
Y TANGENCIAL**

Diámetro (cm)	8.00	8.00	8.00	8.00
Humedad Inicial (%)	4.75	4.75	4.75	4.75
Peso unitario (g/cm ³)	1.86	1.86	1.86	1.86
Área Ao (mm ²)	50.3	50.3	50.3	50.3
Velocidad (mm/min)	0.80	0.80	0.80	0.80
Esf. Pico Normal (kpa)	28.20	47.71	67.22	86.73
Esf. Pico de Corte (kpa)	35.93	49.62	75.92	89.60

Tabla 58 resumen de los esfuerzos pico normal y tangencial de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm

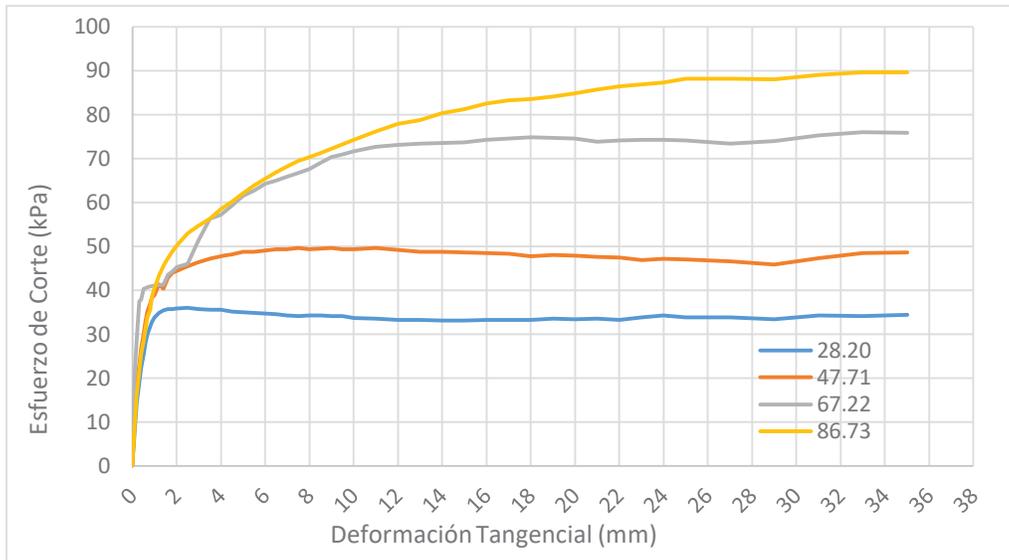


Fig. 18 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm

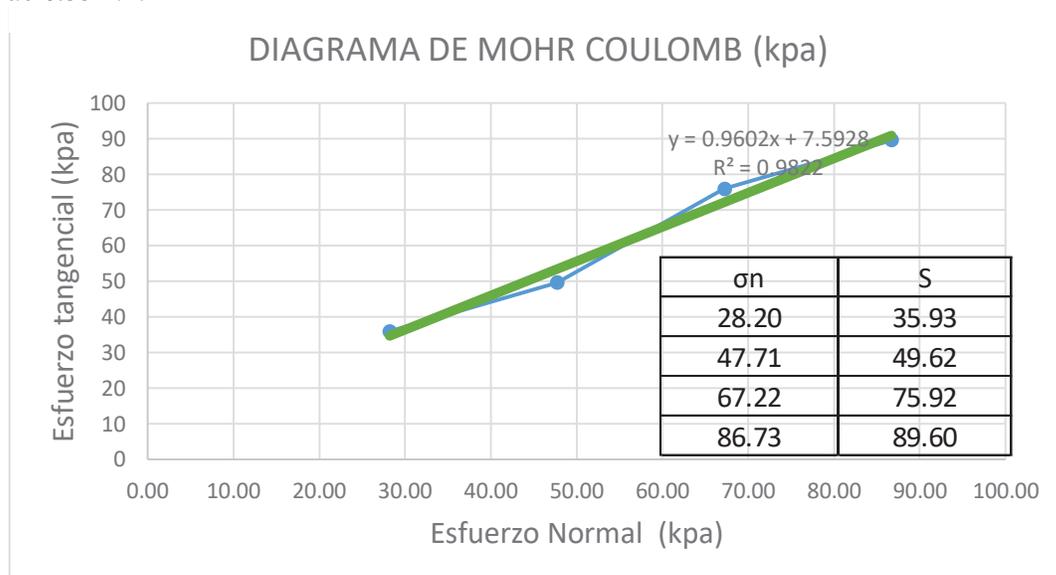


Fig. 19 diagrama de Mohr Coulomb del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm

	Resist. Pico
Cohesión (kPa)	7.59
Ángulo de fricción (°)	43° 50' 08"
Cohesión (kg/cm²)	0.08

Tabla 59 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalda de Tmax de 6.35 mm

Para determinar los valores de la cohesion y el angulo de friccion muestra de **Tmax de 6.35 mm** mediante el diagrama de Mohr Coulomb se aplico un algoritmo condicional a los datos de los esfuerzos tangenciales y normales y estos ha sido comprobado con la ecuacion de la recta.

Ensayo de corte directo de la muestra escalada de Tmax =4.76 mm

Par el ensayo de corte directo se tuvo como referencia la NORMA ASTM D 3080

Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4
Diámetro (cm)	8.00	8.00	8.00	8.00
Área (cm ²)	50.27	50.27	50.27	50.27
Masa M. húmeda (g)	374.45	374.45	374.45	374.45
Altura de la muestra(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00
Volumen del Anillo (cm ³)	201.06	201.06	201.06	201.06
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)	1.86	1.86	1.86	1.86

Tabla 60 parámetros de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm para el ensayo de corte

Condiciones iniciales				
Humedad natural (%)	4.75	4.75	4.75	4.75
Masa muestra seca Md (g)	356.67	356.67	356.67	356.67
Densidad seca rd (g/cm ³)	1.77	1.77	1.77	1.77
Parámetros del Ensayo				
Pesas en el brazo (kg)	1.00	2.00	3.00	4.00
Carga total en la muestra (kg)	4.454	4.454	4.454	4.454
Múltiplo (5 / 10)	10.00	10.00	10.00	10.00
Esfuerzo Vertical (kPa)	28.20	47.71	67.22	86.73
Velocidad de desplazam. (mm/min)	0.50	0.50	0.50	0.50

Tabla 61 parámetros del ensayo de corte para la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

Def. Horizontal		Fuerza				Esfuerzo Cortante			
(%)	(mm)	(N)				(kPa)			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.05	51.80	71.40	70.60	83.60	10.31	14.20	14.05	16.63
0.20	0.10	77.40	105.60	113.60	147.00	15.40	21.01	22.60	29.24
0.30	0.15	91.20	128.40	140.60	175.20	18.14	25.54	27.97	34.85
0.40	0.20	98.80	133.00	163.00	192.00	19.66	26.46	32.43	38.20
0.50	0.25	103.80	154.40	181.40	203.00	20.65	30.72	36.09	40.39
0.60	0.30	107.00	169.20	194.60	216.20	21.29	33.66	38.71	43.01
0.70	0.36	107.80	178.80	205.00	227.00	21.45	35.57	40.78	45.16
0.80	0.41	108.00	185.80	213.00	235.40	21.49	36.96	42.38	46.83
0.90	0.46	108.40	191.20	219.40	240.00	21.57	38.04	43.65	47.75
1.00	0.51	109.00	195.60	225.20	245.20	21.68	38.91	44.80	48.78
1.20	0.61	110.80	202.00	235.40	256.80	22.04	40.19	46.83	51.09
1.40	0.71	112.40	206.80	244.00	265.40	22.36	41.14	48.54	52.80
1.60	0.81	117.80	210.20	249.60	263.40	23.44	41.82	49.66	52.40
1.80	0.91	120.40	212.00	254.60	271.20	23.95	42.18	50.65	53.95
2.00	1.02	121.00	214.80	259.20	273.00	24.07	42.73	51.57	54.31
2.50	1.27	126.80	220.40	268.40	282.80	25.23	43.85	53.40	56.26
3.00	1.52	128.40	225.40	276.60	297.20	25.54	44.84	55.03	59.13
3.50	1.78	130.20	228.20	283.80	309.20	25.90	45.40	56.46	61.51
4.00	2.03	143.80	230.40	290.60	319.00	28.61	45.84	57.81	63.46
4.50	2.29	152.60	232.40	295.00	328.00	30.36	46.23	58.69	65.25
5.00	2.54	157.00	233.40	299.40	336.80	31.23	46.43	59.56	67.00
5.50	2.79	159.20	233.00	304.40	342.80	31.67	46.35	60.56	68.20
6.00	3.05	160.40	234.20	308.80	351.60	31.91	46.59	61.43	69.95
6.50	3.30	159.80	236.00	314.00	357.60	31.79	46.95	62.47	71.14
7.00	3.56	159.80	236.40	319.00	362.00	31.79	47.03	63.46	72.02
7.50	3.81	160.20	237.40	322.20	366.40	31.87	47.23	64.10	72.89
8.00	4.06	160.60	237.60	325.00	369.20	31.95	47.27	64.66	73.45
8.50	4.32	160.00	236.60	326.80	370.80	31.83	47.07	65.01	73.77
9.00	4.57	159.60	235.60	329.40	374.60	31.75	46.87	65.53	74.52
9.50	4.83	157.80	235.40	333.20	377.60	31.39	46.83	66.29	75.12
10.00	5.08	157.40	235.40	336.20	380.40	31.31	46.83	66.88	75.68
11.00	5.59	155.40	235.60	333.80	385.40	30.92	46.87	66.41	76.67
12.00	6.10	154.00	233.60	338.20	390.80	30.64	46.47	67.28	77.75
13.00	6.60	153.60	233.60	341.80	393.60	30.56	46.47	68.00	78.30
14.00	7.11	153.20	233.40	343.00	397.20	30.48	46.43	68.24	79.02
15.00	7.62	153.20	233.80	343.40	401.40	30.48	46.51	68.32	79.86
16.00	8.13	153.60	234.40	343.00	398.40	30.56	46.63	68.24	79.26
17.00	8.64	153.60	234.40	344.20	396.80	30.56	46.63	68.48	78.94
18.00	9.14	153.80	237.20	342.20	390.60	30.60	47.19	68.08	77.71
19.00	9.65	153.00	238.40	339.40	389.80	30.44	47.43	67.52	77.55
20.00	10.16	153.20	239.60	339.60	389.60	30.48	47.67	67.56	77.51
21.00	10.67	152.40	239.20	340.20	389.40	30.32	47.59	67.68	77.47
22.00	11.18	152.80	237.20	336.00	387.40	30.40	47.19	66.85	77.07
23.00	11.68	152.40	236.60	337.00	384.40	30.32	47.07	67.04	76.47
24.00	12.19	152.80	236.20	342.20	385.80	30.40	46.99	68.08	76.75
25.00	12.70	151.60	236.00	340.80	382.00	30.16	46.95	67.80	76.00
27.00	13.72	153.00	237.40	347.40	379.40	30.44	47.23	69.11	75.48
29.00	14.73	154.80	239.60	346.80	382.80	30.80	47.67	68.99	76.16
31.00	15.75	156.40	242.80	347.40	384.60	31.11	48.30	69.11	76.51
33.00	16.76	158.20	242.00	347.40	386.00	31.47	48.14	69.11	76.79
35.00	17.78	158.80	242.40	349.00	392.00	31.59	48.22	69.43	77.99

Tabla 62 resultados obtenidos de la deformación tangencial y el esfuerzo cortante en el ensayo de corte directo de la muestra escalada de Tmax 4.76 mm

RESULTADOS DE ENSAYO				
Diámetro (cm)	8.00	8.00	8.00	8.00
Humedad Inicial (%)	4.75	4.75	4.75	4.75
Peso unitario (g/cm ³)	1.86	1.86	1.86	1.86
Área Ao (mm ²)	50.3	50.3	50.3	50.3
Velocidad (mm/min)	0.50	0.50	0.50	0.50
Esf. Pico Normal (kpa)	28.20	47.71	67.22	86.73
Esf. Pico de Corte (kpa)	31.95	48.30	69.43	79.86

Tabla 63 resumen de los esfuerzos pico normal y tangencial de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

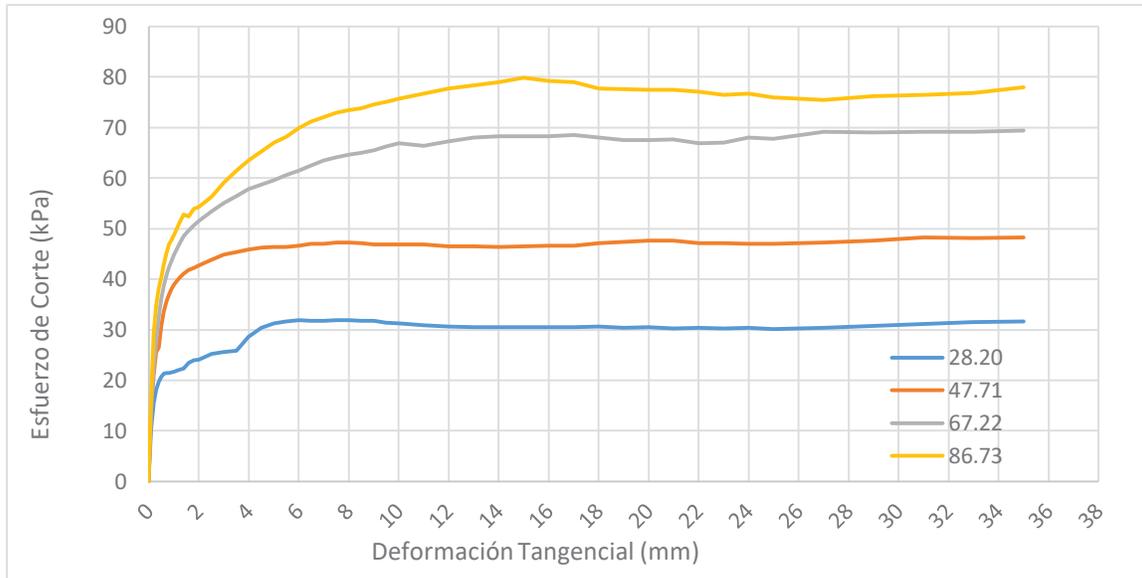


Fig. 20 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

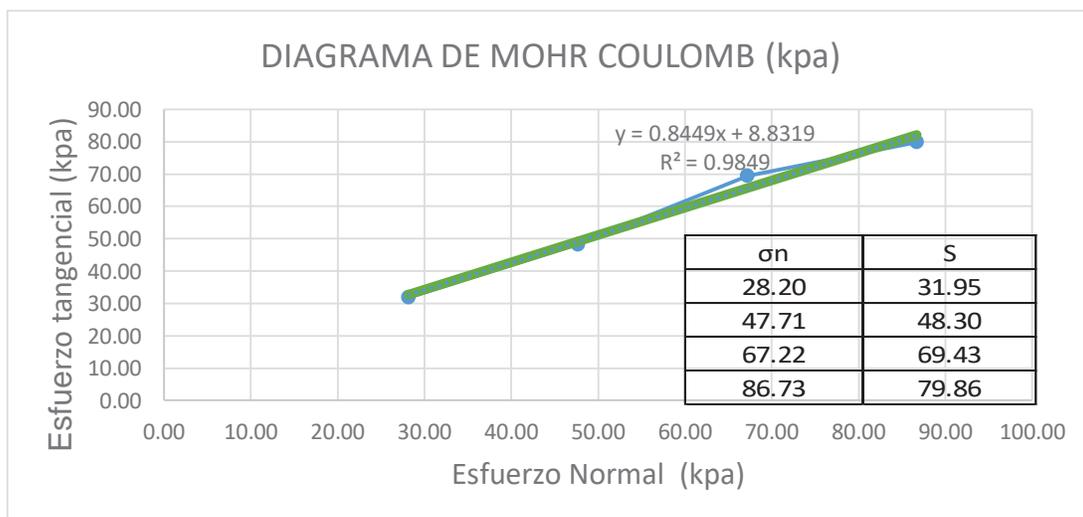


Fig. 21 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

	Resist. Pico
Cohesión (kPa)	8.83
Ángulo de fricción (°)	40° 11' 45"
Cohesión (kg/cm2)	0.09

Tabla 64 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 4.76 mm

Para la determinar los valores de la cohesion y el angulo de friccion de la muestra de **Tmax 4.76 mm** mediante el diagrama de Mohr Coulomb se aplico un algoritmo condicional a los datos de los esfuerzos tangenciales y normales y esto ha sido comprobado con la ecuacion de la recta.

Corte directo de la muestra escalada de Tmax. 2.00 mm

Par el ensayo de corte directo se tuvo como referencia la NORMA ASTM D3080

Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4
Diámetro (cm)	8.00	8.00	8.00	8.00
Área (cm2)	50.27	50.27	50.27	50.27
Masa M. húmeda (g)	374.45	374.45	374.45	374.45
Altura de la muestra(cm)	4.00	4.00	4.00	4.00
Volumen del Anillo (cm3)	201.06	201.06	201.06	201.06
Densidad de la muestra húmeda (g/cm³)	1.86	1.86	1.86	1.86

Tabla 65 parámetros de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm para el ensayo de corte

Condiciones iniciales				
Humedad natural (%)	4.75	4.75	4.75	4.75
Masa muestra seca Md (g)	356.67	356.67	356.67	356.67
Densidad seca rd (g/cm³)	1.77	1.77	1.77	1.77

Parámetros del Ensayo				
Pesas en el brazo (kg)	1.00	2.00	3.00	4.00
Carga total en la muestra (kg)	4.454	4.454	4.454	4.454
Múltiplo (5 / 10)	10.000	10.000	10.000	10.000
Esfuerzo Vertical (kPa)	28.20	47.71	67.22	86.73
Velocidad desplazam. (mm/min)	0.50	0.50	0.50	0.50

Tabla 66 parámetros del ensayo de corte para la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm

Def. Horizontal		Fuerza				Esfuerzo Cortante			
(%)	(mm)	(N)				(kPa)			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.05	51.20	59.20	48.80	56.80	10.19	11.78	9.71	11.30
0.20	0.10	78.00	94.00	103.40	123.00	15.52	18.70	20.57	24.47
0.30	0.15	98.20	119.40	138.00	159.40	19.54	23.75	27.45	31.71
0.40	0.20	112.40	138.20	166.40	180.40	22.36	27.49	33.10	35.89
0.50	0.25	125.60	154.40	188.40	201.80	24.99	30.72	37.48	40.15
0.60	0.30	138.60	172.00	208.00	216.20	27.57	34.22	41.38	43.01
0.70	0.36	148.60	183.30	224.00	227.40	29.56	36.47	44.56	45.24
0.80	0.41	158.00	193.00	241.60	243.00	31.43	38.40	48.06	48.34
0.90	0.46	159.60	201.20	260.00	265.60	31.75	40.03	51.73	52.84
1.00	0.51	168.20	209.40	271.00	273.60	33.46	41.66	53.91	54.43
1.20	0.61	161.80	219.40	286.20	293.20	32.19	43.65	56.94	58.33
1.40	0.71	163.40	225.20	297.00	302.20	32.51	44.80	59.09	60.12
1.60	0.81	164.00	236.80	304.60	309.20	32.63	47.11	60.60	61.51
1.80	0.91	164.80	241.00	309.00	312.60	32.79	47.95	61.47	62.19
2.00	1.02	165.40	242.20	314.60	323.00	32.91	48.18	62.59	64.26
2.50	1.27	164.00	244.80	320.80	339.00	32.63	48.70	63.82	67.44
3.00	1.52	163.40	247.60	325.00	350.40	32.51	49.26	64.66	69.71
3.50	1.78	163.00	248.80	329.20	356.40	32.43	49.50	65.49	70.90
4.00	2.03	162.40	248.20	331.40	362.60	32.31	49.38	65.93	72.14
4.50	2.29	162.00	247.40	332.40	367.00	32.23	49.22	66.13	73.01
5.00	2.54	160.80	246.40	335.40	373.20	31.99	49.02	66.73	74.25
5.50	2.79	160.20	244.40	337.60	378.20	31.87	48.62	67.16	75.24
6.00	3.05	159.60	239.20	338.10	380.60	31.75	47.59	67.26	75.72
6.50	3.30	159.00	239.20	337.40	384.20	31.63	47.59	67.12	76.43
7.00	3.56	159.20	235.40	336.40	386.40	31.67	46.83	66.92	76.87
7.50	3.81	158.80	233.20	335.20	388.40	31.59	46.39	66.69	77.27
8.00	4.06	158.20	231.40	333.40	389.60	31.47	46.04	66.33	77.51
8.50	4.32	157.60	231.20	329.40	392.40	31.35	46.00	65.53	78.07
9.00	4.57	156.60	230.00	320.60	390.80	31.15	45.76	63.78	77.75
9.50	4.83	156.80	229.80	314.20	392.80	31.19	45.72	62.51	78.15
10.00	5.08	157.40	229.00	309.40	395.40	31.31	45.56	61.55	78.66
11.00	5.59	157.20	225.60	305.60	396.80	31.27	44.88	60.80	78.94
12.00	6.10	156.60	223.00	302.60	399.40	31.15	44.36	60.20	79.46
13.00	6.60	155.20	220.20	299.20	400.80	30.88	43.81	59.52	79.74
14.00	7.11	153.60	218.40	295.60	405.20	30.56	43.45	58.81	80.61
15.00	7.62	152.20	215.80	294.00	401.80	30.28	42.93	58.49	79.94
16.00	8.13	150.80	214.40	291.20	400.40	30.00	42.65	57.93	79.66
17.00	8.64	147.40	215.00	288.00	394.80	29.32	42.77	57.30	78.54
18.00	9.14	145.20	217.20	288.20	393.40	28.89	43.21	57.34	78.26
19.00	9.65	142.80	214.20	286.00	389.80	28.41	42.61	56.90	77.55
20.00	10.16	140.00	214.00	284.20	384.40	27.85	42.57	56.54	76.47
21.00	10.67	138.60	216.20	283.40	381.94	27.57	43.01	56.38	75.98
22.00	11.18	136.80	215.80	281.00	380.20	27.22	42.93	55.90	75.64
23.00	11.68	135.40	215.00	282.20	377.80	26.94	42.77	56.14	75.16
24.00	12.19	135.20	215.20	283.60	377.00	26.90	42.81	56.42	75.00
25.00	12.70	135.00	214.00	283.20	378.40	26.86	42.57	56.34	75.28
27.00	13.72	134.00	214.60	281.40	376.60	26.66	42.69	55.98	74.92
29.00	14.73	134.80	213.60	281.80	377.60	26.82	42.49	56.06	75.12
31.00	15.75	135.00	214.60	284.60	377.00	26.86	42.69	56.62	75.00
33.00	16.76	136.00	214.80	284.20	377.20	27.06	42.73	56.54	75.04
35.00	17.78	136.80	214.90	283.60	377.80	27.22	42.75	56.42	75.16

Tabla 67 resultados obtenidos de la deformación tangencial y el esfuerzo cortante en el ensayo de corte directo de la muestra escalada de T_{max} 2.00 mm

RESULTADOS DE ENSAYO				
Diámetro (cm)	8.00	8.00	8.00	8.00
Humedad Inicial (%)	4.75	4.75	4.75	4.75
Peso unitario (g/cm ³)	1.86	1.86	1.86	1.86
Área Ao (mm ²)	50.3	50.3	50.3	50.3
Velocidad (mm/min)	0.50	0.50	0.50	0.50
Esf. Pico Normal (kpa)	28.20	47.71	67.22	86.73
Esf. Pico de Corte (kpa)	33.46	49.50	67.26	80.61

Tabla 68 resumen de los esfuerzos pico normal y tangencial de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm

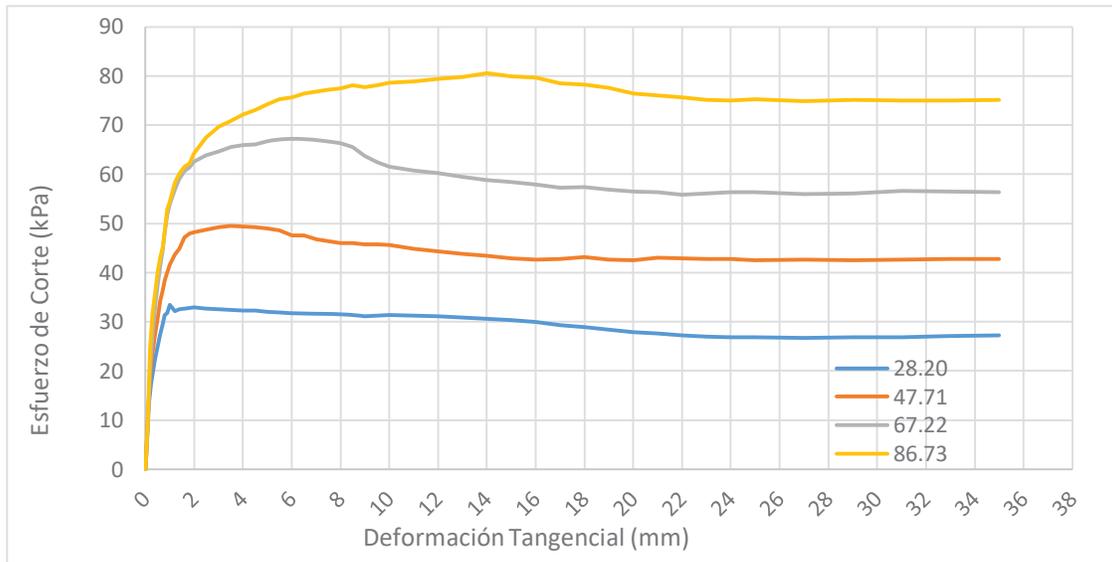


Fig. 22 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm

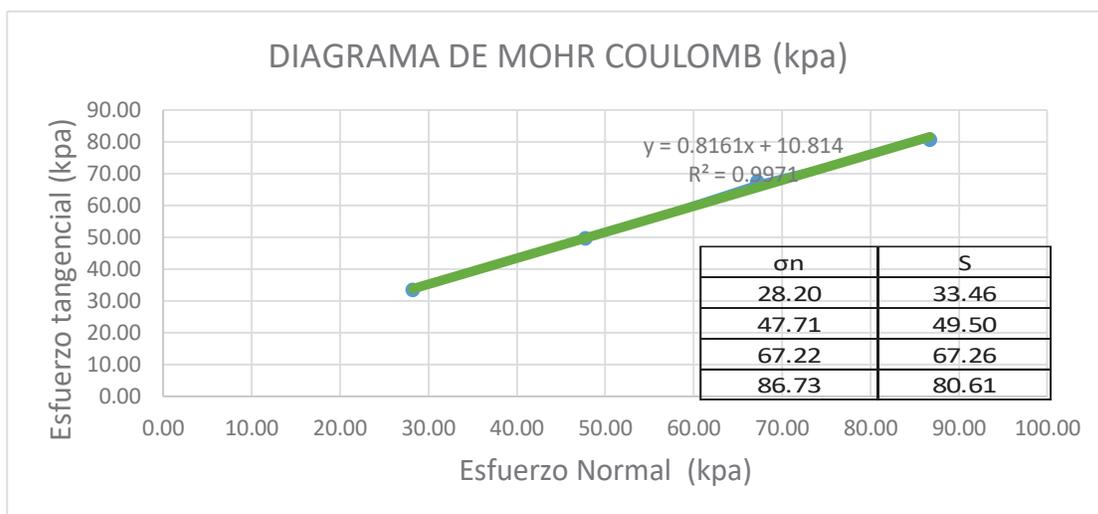


Fig. 23 esfuerzo vs deformación del ensayo de corte de la muestra escalada de Tmax de 2.00 mm

	Resist. Pico
Cohesión (kPa)	8.75
Ángulo de fricción (°)	39° 13' 02"
Cohesión (kg/cm2)	0.09

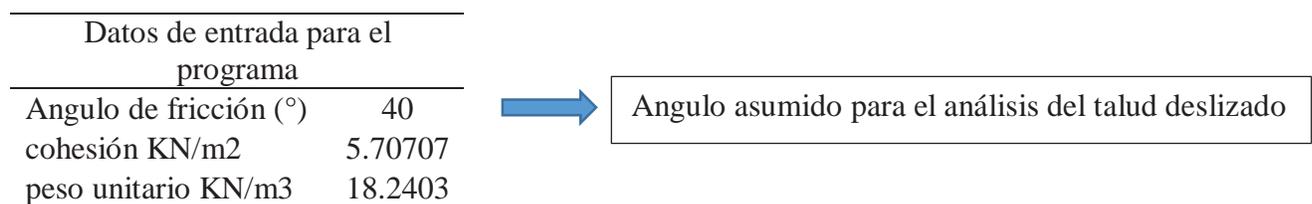
Tabla 69 resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidos del ensayo de corte de la muestra escalda de Tmax de 4.76 mm

Para determinar los valores de la cohesión y el ángulo de fricción de la muestra de **Tmax 2.00 mm** mediante el diagrama de Mohr Coulomb se aplicó un algoritmo condicional a los datos de los esfuerzos tangenciales y normales y esto ha sido comprobado con la ecuación de la recta.

RESULTADOS DEL ANALISIS POR RETRO CALCULO

Los resultados obtenidos para el ángulo de fricción por el retro cálculo fue de acuerdo al análisis determinístico o de sensibilidad del programa slide v 6.0 donde primero se tuvo que hacer un análisis de la estabilidad del talud para una superficie de falla determinada de acuerdo a los datos de entrada, para así poder determinar a un valor numérico que represente la estabilidad del talud.

El opta por hacer el análisis iterativo según el valor numérico de la estabilidad del talud obtenida es decir si el FS > 1 se opta por reducir el valor numérico del ángulo de fricción y si el Fs < 1 se opta por aumentar el valor numérico del ángulo de fricción y esto termina hasta que el FS sea igual o un aproximado a la 1.



Al analizar el talud en el programa slide v 6.0 con los datos de entrada se obtuvo un factor de seguridad de **0.900** por el método de **Bishop**, **0.898** por el método de **Spencer** y **0.900** por el método de **Morgenstern – Price** lo que implica que el valor asumido para el ángulo de fricción es el incorrecto debido a que genera un factor de seguridad menor a 1 y esto se puede observar en las imágenes.

Resultados según el método Bishop

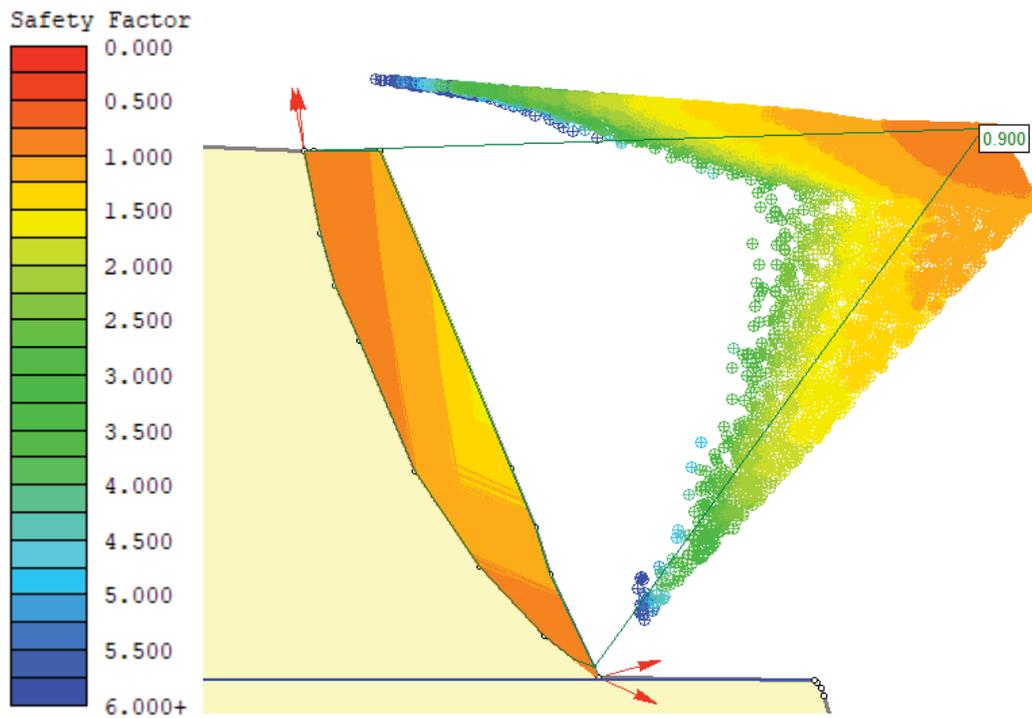


Fig. 24 resultado del análisis de estabilidad según el método de Bishop

Resultados según el método Spencer

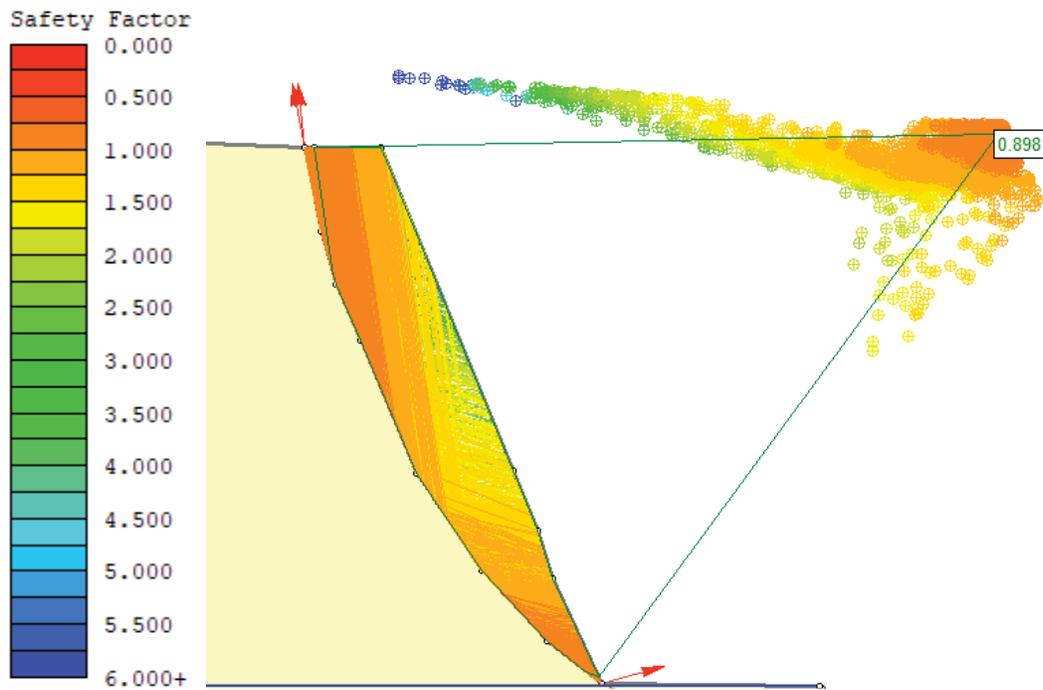


Fig. 25 resultado del análisis de estabilidad según el método de Spencer

Resultados según el método Morgenstern – Price

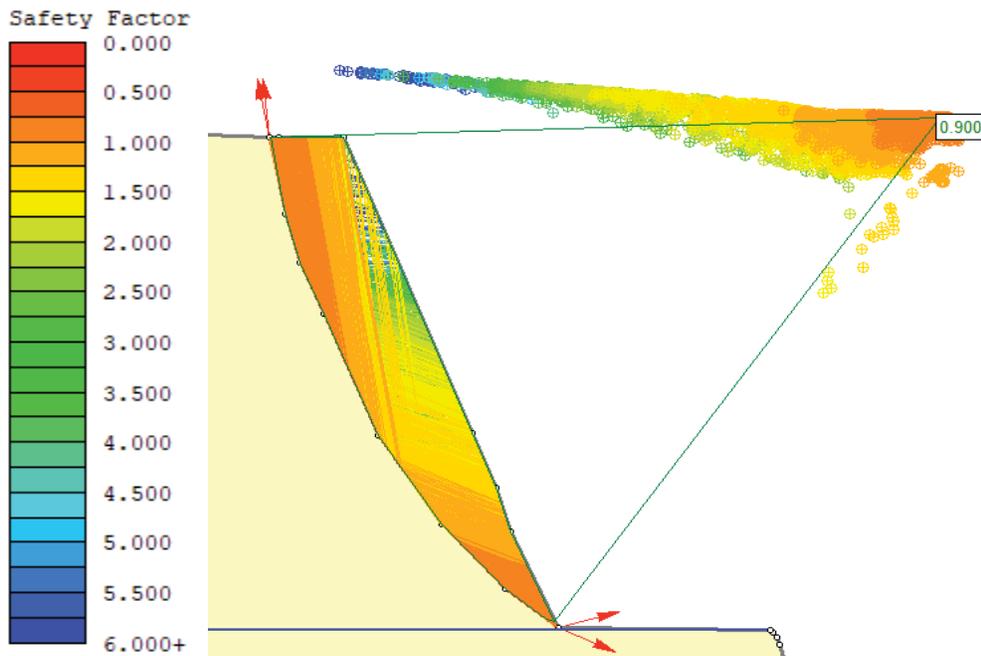


Fig. 26 resultado del análisis de estabilidad según el método de Morgenstern – Price

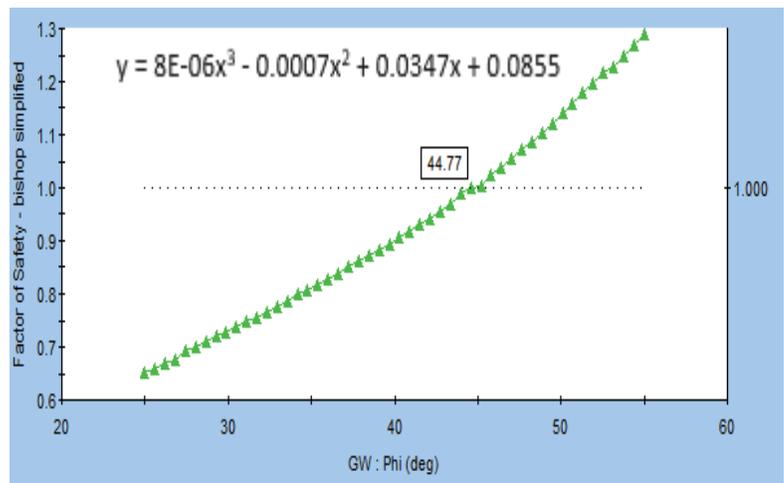
De acuerdo a los valores obtenidos según los métodos de Bishop , Spencer y Morgenstern – Price se optó por realizar el análisis de sensibilidad del programa slide v 6.0 el cual consiste en hacer un análisis determinístico a uno de los parámetros de resistencia para una superficies de falla determinada, para la presente investigación se realizó el análisis de determinístico para determinar el valor numérico del ángulo de fricción, para lo cual se asignó un valor máximo y un valor mínimo al valor asumido del ángulo de fricción generando así un rango de resultados del ángulo de fricción con sus respectivos factores de seguridad como se puede ver en las siguientes tablas. Y así poder obtener valor correcto del ángulo de fricción.

Resultado del retro calculo según el método de Bishop

Angulo de fricción	FS según metodo de Bishop
25	0.650829
25.6122	0.659518
26.2245	0.668296
26.8367	0.677166
27.449	0.692009
28.0612	0.700935
28.6735	0.70995
29.2857	0.719059
29.898	0.728266
30.5102	0.737575
31.1224	0.746993
31.7347	0.756524
32.3469	0.766175
32.9592	0.775949
33.5714	0.785855
34.1837	0.798607
34.7959	0.808572
35.4082	0.818689
36.0204	0.828968
36.6327	0.839416
37.2449	0.850044
37.8571	0.86086
38.4694	0.871877
39.0816	0.883105
39.6939	0.894556
40.3061	0.906244
40.9184	0.918181
41.5306	0.930383
42.1429	0.942864
42.7551	0.955643
43.3673	0.968736
43.9796	0.988649
44.5918	0.998414
44.7741	1.00389
45.8163	1.02467
46.4286	1.03965
47.0408	1.0551
47.6531	1.07103
48.2653	1.08748
48.8776	1.10449
49.4898	1.1221
50.102	1.14034
50.7143	1.15928
51.3265	1.17896
51.9388	1.19565
52.551	1.2161
53.1633	1.22778
53.7755	1.24784
54.3878	1.26852
55	1.28984

Material Name	Property	Mean	Rel. Min	Rel. Max
GW	Cohesion	5.70707	5	5
GW	Phi	40	15	15
GW	Unit Weight	18.2403	10	10

El valor máximo y mínimo que se asignó es de 15 generando así un rango de resultado del ángulo de fricción que varía de 25 a 55 como se puede ver en la tabla.



El gráfico extraído del programa slide v 6.0 comprueba que el valor adecuado del ángulo de fricción es de **44.77 °** según el método de Bishop. Para comprobar si el resultado es correcto o no se prosigue al modelamiento con el nuevo valor determinado del ángulo de fricción manteniendo constantes los valores de la cohesión y el peso unitario. Y así poder obtener un resultado del FS = 1

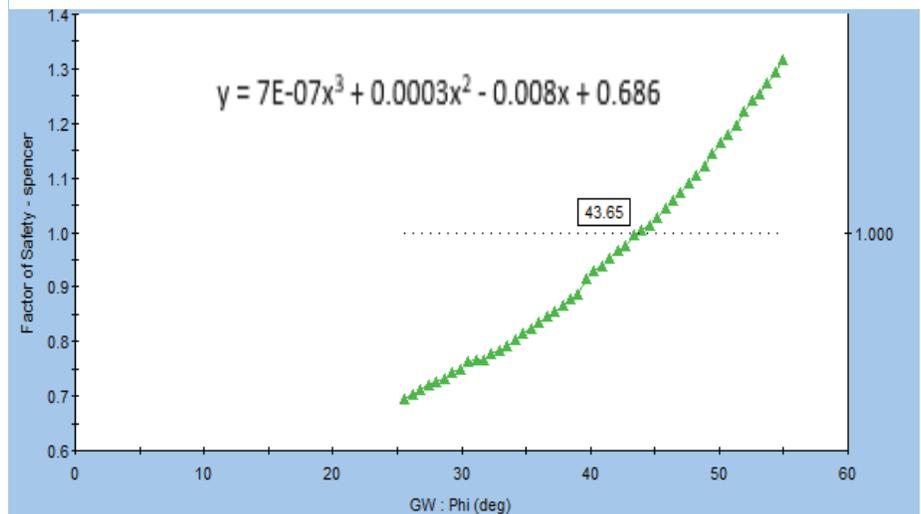
Tabla 70 resultados del análisis de sensibilidad del factor de seguridad con respecto al ángulo de fricción según el método de Bishop

Resultado del retro calculo según el método de Spencer

Angulo de fricción	FS según metodo de Spencer
25.6122	0.69427
26.2245	0.702543
26.8367	0.710662
27.449	0.719014
28.0612	0.727591
28.6735	0.731957
29.2857	0.744711
29.898	0.749525
30.5102	0.762515
31.1224	0.767328
31.7347	0.765471
32.3469	0.776889
32.9592	0.782606
33.5714	0.792608
34.1837	0.803281
34.7959	0.814072
35.4082	0.824986
36.0204	0.83603
36.6327	0.847211
37.2449	0.854986
37.8571	0.865922
38.4694	0.878329
39.0816	0.88732
39.6939	0.916355
40.3061	0.929868
40.9184	0.939727
41.5306	0.954008
42.1429	0.966259
42.7551	0.976551
43.3673	0.995665
43.6596	1.00499
44.5918	1.01238
45.2041	1.02594
45.8163	1.04336
46.4286	1.0577
47.0408	1.07237
47.6531	1.08985
48.2653	1.1051
48.8776	1.12249
49.4898	1.14553
50.102	1.16492
50.7143	1.18029
51.3265	1.19715
51.9388	1.22277
52.551	1.24169
53.1633	1.25423
53.7755	1.274
54.3878	1.29321
55	1.31551

Material Name	Property	Mean	Rel. Min	Rel. Max
GW	Cohesion	5.70707	5	5
GW	Phi	40	15	15
GW	Unit Weight	18.2403	10	10

El valor máximo y mínimo que se asignó para el análisis por el método de Spencer es de 15 generando así un rango de resultado del ángulo de fricción que varía de 25 a 55 como se puede ver en la tabla.



El gráfico extraído del programa slide v 6.0 comprueba que el valor adecuado del ángulo de fricción es de **43.65°** según el método de Spencer. Para comprobar si el resultado es correcto o no se prosigue al modelamiento con el nuevo valor determinado del ángulo de fricción manteniendo constantes los valores de la cohesión y el peso unitario. Y así poder obtener un resultado del FS = 1

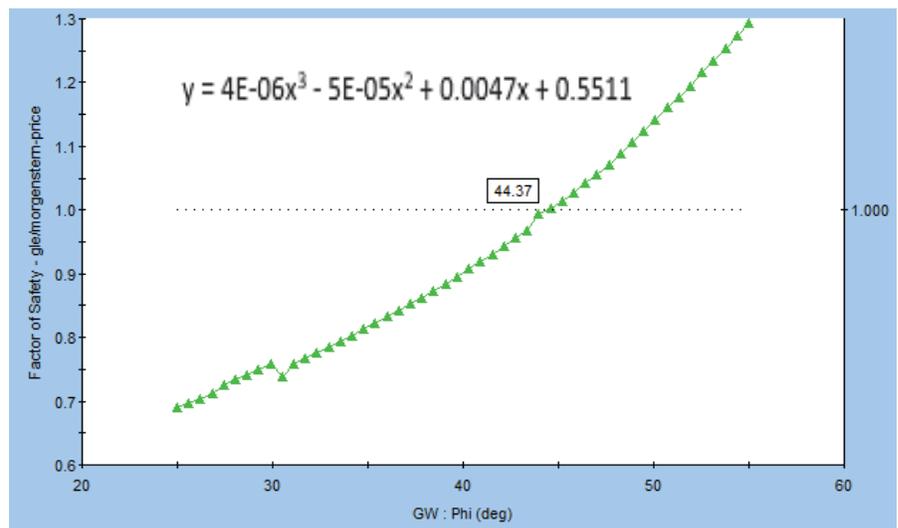
Tabla 71 resultados del análisis de sensibilidad del factor de seguridad con respecto al ángulo de fricción según el método de Spencer

Resultado del retro calculo según el método de Morgenstern - Price

Angulo de fricción	FS según metodo de Morgenstern- Price
25	0.691275
25.6122	0.696373
26.2245	0.704439
26.8367	0.712573
27.449	0.72512
28.0612	0.733851
28.6735	0.740495
29.2857	0.749312
29.898	0.758256
30.5102	0.739631
31.1224	0.757964
31.7347	0.766795
32.3469	0.775749
32.9592	0.784831
33.5714	0.794047
34.1837	0.8034
34.7959	0.812897
35.4082	0.822541
36.0204	0.83234
36.6327	0.842298
37.2449	0.852421
37.8571	0.862715
38.4694	0.87351
39.0816	0.884103
39.6939	0.894898
40.3061	0.907341
40.9184	0.918737
41.5306	0.930338
42.1429	0.944198
42.7551	0.956306
43.3673	0.968649
43.9796	0.994542
44.3718	1.0032
45.2041	1.01452
45.8163	1.02801
46.4286	1.04207
47.0408	1.05631
47.6531	1.07088
48.2653	1.08823
48.8776	1.10566
49.4898	1.12432
50.102	1.14057
50.7143	1.16026
51.3265	1.17717
51.9388	1.19484
52.551	1.21613
53.1633	1.23486
53.7755	1.25414
54.3878	1.27399
55	1.29446

Material Name	Property	Mean	Rel. Min	Rel. Max
GW	Cohesion	5.70707	5	5
GW	Phi	40	15	15
GW	Unit Weight	18.2403	10	10

El valor máximo y mínimo que se asignó para el análisis por el método de Morgenstern - Price es de 15 generando así un rango de resultado del ángulo de fricción que varía de 25 a 55 como se puede ver en la tabla.



El gráfico extraído del programa slide v 6.0 comprueba que el valor adecuado del ángulo de fricción es de **44.37°** según el método de Morgenstern- Price. Para comprobar si el resultado es correcto o no se prosigue al modelamiento con el nuevo valor determinado del ángulo de fricción manteniendo constantes los valores de la cohesión y el peso unitario. Y así poder obtener un resultado del FS = 1

Tabla 72 resultados del análisis de sensibilidad del factor de seguridad con respecto al ángulo de fricción según el método Morgenstern- Price

4.2. Cuadro y gráficos comparativos de los ensayos

Cuadro comparativo de los resultados obtenidos por el ensayo de corte directo a gran escala, la granulometría homotética y el retro cálculo

MÉTODOS PROPUESTOS PARA OBTENER LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE					
	granulometría homotética				
	corte directo a gran escala	curva escalada de Tmax 6.35 mm	curva escalada de Tmax 4.76 mm	curva escalada de Tmax 2.00 mm	retro calculo
cohesión (kg/cm ²)	0.06	0.08	0.09	0.09	0.06
ángulo de fricción(°)	44° 38' 01"	43° 50' 08"	40° 11' 45"	39° 13' 52"	44° 22' 12"

Tabla 73 resumen de los resultados obtenidos según el método de corte directo a gran escala, granulometría homotética y retro calculo

Grafico comparativo de la variación de densidades máximas y mínimas de la muestra original con respecto a las muestras escaladas

Tmax.	γ max.	γ min.
38.10	2.17	1.62
6.35	2.07	1.57
4.76	2.05	1.58
2.00	2.07	1.55

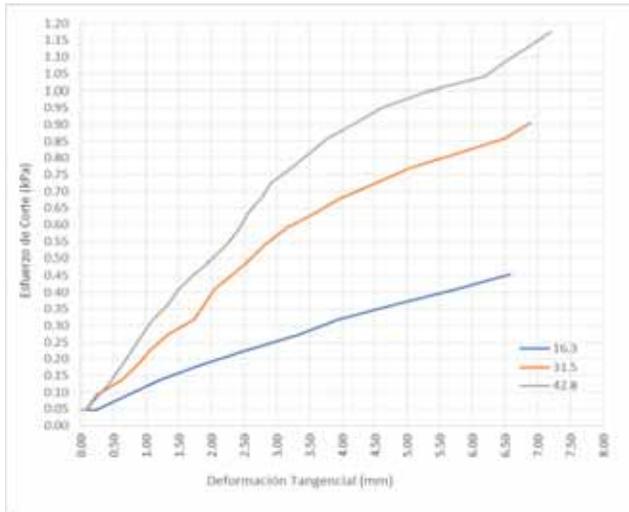


Fig. 27 grafico de las variaciones de las densidades máximas y mínimas de las muestras escaladas con respecto al de la muestra original

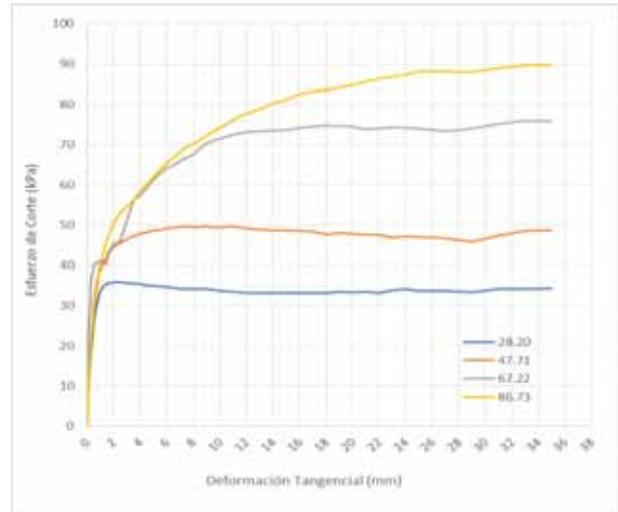
Gráficos comparativos de esfuerzo – deformación de los ensayos de corte

Las gráficas de esfuerzo deformación representan el comportamiento de todo material en su estado cuando se le aplica un esfuerzo de corte.

Fig. 28 grafico comparativo entre las muestra original y la muestra escalada y la muestra escalada de Tmax de 6.35 mm



Material original

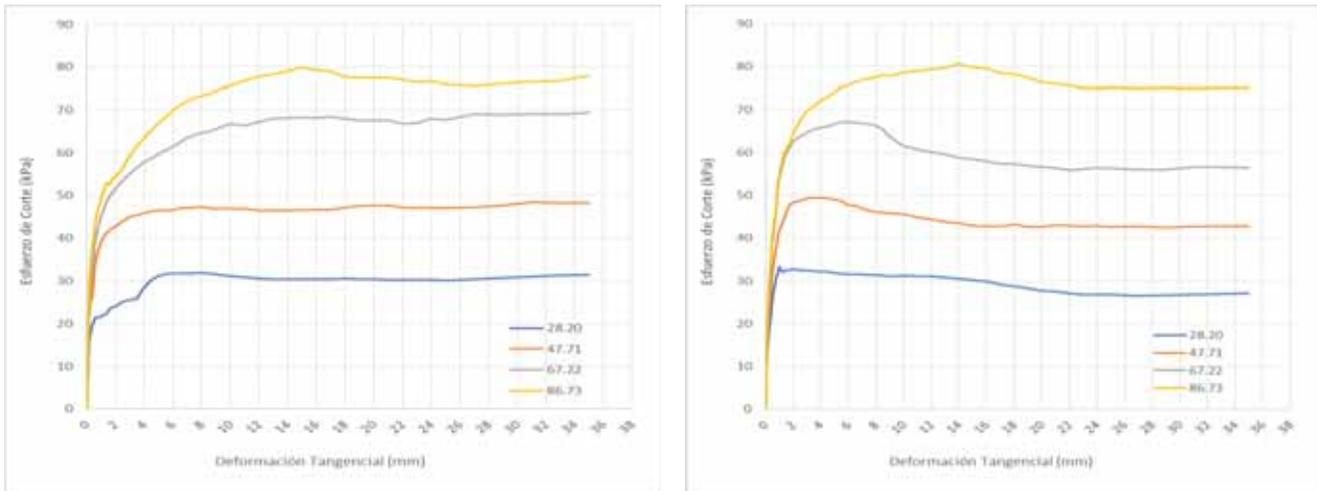


Material escalado Tmax. 6.35 mm

Como se puede observar estas dos graficas de esfuerzo-deformación representan el comportamiento de un suelo granular con una densidad relativa promedio de 40 % la cual la clasifica como un suelo medio denso. Para el ensayo de corte directo el material original fue confeccionado a una densidad relativa de 37% y el material escaldado de Tmax de 6.35 mm a una densidad relativa de 43.3 % en ambos casos se conservó la misma humedad de 4.75%.

La no similitud del grafico de corte tanto del material original como del material escaldado de Tmax de 6.35 mm es consecuencia a la variación de la gravedad especifica de ambos materiales, el material original presenta una gravedad especifica de 2.696 (gr/cm³) y el material escaldado de Tmax de 6.35 mm presenta una gravedad especifica de 2.784 (gr/cm³) y esto debido a que en el material escaldado de Tmax de 6.35 mm se reduce el porcentaje de partículas gruesas de 16.74 % a 0.00 %. Esto generó que el grado de saturación sea diferente en cada muestra.

Fig. 29 grafico comparativo entre las muestra escalada de Tmax de 4.76 mm y de Tmax de 2.00 mm



Material escalado Tmax. 4.76 mm

Material escalado Tmax. 2.00 mm

Como se puede observar estas dos graficas de esfuerzo-deformación representan el comportamiento de un material más denso que los otros dos materiales ya mencionados y esto se debe a que el material escalado de Tmax de 4.76 mm fue compactado a una densidad relativa de 43.0 % y el material escalado de Tmax de 2.00 mm a una densidad relativa de 45.1 % pero en ambos casos se conservó la misma humedad de 4.75%.

La gravedad específica es variable en ambos casos, el material escalado de Tmax de 4.76 mm presenta una gravedad específica de 2.756 (gr/cm³) y el material escalado de Tmax de 2.00 mm presenta una gravedad específica de 2.759 (gr/cm³) y esta variación de peso específico se dio debido a la reducción de partículas medias de 6.20 % a 0.00 %. Y esta variación de la gravedad específica generó que el grado de saturación sea diferente en cada muestra. El material escalado de Tmax de 4.76 mm presentó un grado de saturación de 24.2 % y el material escalado con Tmax de 2.00 mm presentó un grado de saturación de 24.17 % lo cual se puede observar en la no similitud del grafico de corte de ambos materiales.

4.3. Análisis y discusión de resultados

En esta parte se analizó las metodologías empleadas para determinar los parámetros de resistencia al corte y los resultados obtenidos.

Análisis de la Granulometría homotética y muestra original

Para la aplicación de esta metodología fue necesario considerar algunas condiciones de la muestra original como:

- El material extraído del talud deslizado presenta una granulometría con tamaño máximo partícula de 1 1/2'', un grado de saturación de 25.24%, una porosidad de 33.7%, una relación de vacíos de 0.507, un peso unitario seco promedio de 1.774 gr/cm³ y una densidad relativa de 37.4 %.

Para el ensayo de corte directo se tuvo en consideración las dimensiones del molde de corte del equipo, debido a que esta característica del equipo fue un parámetro importante para escalar la muestra original, debido a que el ensayo de corte directo tiene que cumplir con ciertas especificaciones mencionadas en la norma MTC E 123 y ASTM D 3080 donde hace referencia a que el diámetro mínimo de la muestra a ensayar es 10 veces el tamaño máximo de la partícula de la muestra y la relación diámetro/ espesor es de 2:1.

La preparación del espécimen a ensayar en el equipo de corte directo fue a una densidad húmeda promedio de 1.862 gr/cm³ y a un volumen determinado de 201.06 cm³, este último dato fue determinado por las dimensiones que presenta el molde del equipo de corte directo.

Los ensayos de corte de las muestras escaladas fueron ensayados en un equipo de corte directo a deformación controlada, generando así el gráfico esfuerzo deformación donde se puede visualizar a mayor detalle el estado crítico del suelo granular ensayado, debido a la acción de un esfuerzo cortante, este gráfico se caracteriza por tener un valor máximo de resistencia al corte denominada

resistencia pico seguido por un decaimiento de la resistencia hasta llegar a un valor residual denominado **resistencia residual**. Este tipo de gráfico no se presenta en el ensayo de corte directo a gran escala debido a que este ensayo trabaja a carga controlada, el cual implica que no sea posible medir el decaimiento de la resistencia al corte una vez generada la resistencia pico. Para esto se consideró razonable asumir que la resistencia máxima obtenida del material escalado en el ensayo de corte directo a deformación controlada se relacione con la resistencia pico. Los resultados de la cohesión y el ángulo de fricción obtenidas del material escalado se presentan en la tabla 75.

Para analizar la variación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares ya sea en el ensayo de corte directo a gran escala realizada a la muestra original o en el ensayo de corte directo en equipos convencionales realizados a las muestras escaladas se tiene que tener en cuenta ciertos parámetros que influyen directamente en la resistencia al corte en suelos granulares ensayados a condiciones naturales como es la succión y la dilatancia. Debido a que estos factores están relacionados con el estado en la que se encuentra el suelo, el tamaño y forma de las partículas, un ejemplo muy claro es la disminución del ángulo de fricción asumidas por el criterio de falla de Mohr Coulomb de las muestras escaladas y esto se debe a la reducción del tamaño de la partícula provocando así una disminución en el cambio volumétrico generado en el punto de fluencia o la resistencia pico para cada muestra escalada.

Discusión de los resultados de la granulometría homotética y corte a gran escala

Como se puede observar en la tabla 75 la cohesión obtenida en los ensayos de corte directo a deformación controlada de las muestras escaladas incrementa con respecto a la cohesión obtenida de la muestra original en el ensayo de corte directo a gran escala debido a la disminución del tamaño de las partículas y el aumento del porcentaje de arenas en las muestras escaladas. El material escalado con T_{max} de 2.00 mm presenta un porcentaje de arenas de un 92.60 % y no tiene

presencia de gravas, el de Tmax de 4.76 mm presenta un porcentaje de arenas de 90.80 % y con porcentaje de grava de 1.8 % y el de Tmax de 6.35 mm presenta un porcentaje de arenas 86.40 % y un porcentaje de grava de 6.20 % con diferencia de la muestra original de Tmax de 1 ½ ” que tiene un porcentaje de arenas de 36.75 % y un porcentaje de grava de 58.43 %.

Otro de los factores que genero el aumento de la cohesión fue la variación de la gravedad específica, como se puede observar en la siguiente tabla 74, el aumento de la gravedad específica provoca una disminución del grado de saturación y un aumento en la DR generando que el grado de compactación sea mayor en la muestra de menor tamaño de partícula, generando así una succión al momento de corte debido a que el ensayo de corte directo se realizó a condiciones naturales o estado parcialmente saturado.

		MUESTRA ORIGINAL	Tmax de 6.35 mm	Tmax de 4.76 mm	Tmax de 2.00 mm
Gravedad Específica	Ge	2.696	2.748	2.756	2.759
Relación de vacíos	e	0.507	0.537	0.541	0.542
Densidad Relativa	DR (%)	37	43.3	43	45.1
Grado de Saturación	S (%)	25	24.3	24.2	24.1

Tabla 74 resultados obtenidos de la gravedad específica de la muestra original y las muestras escaladas

El ángulo de fricción disminuye notoriamente con respecto a al ángulo de fricción obtenida de la muestra original por el ensayo de corte directo a gran escala debido a que el material escalado ya no presenta una buena distribución granulométrica (bien graduados) con respecto a la curva original del material y también por la disminución de partículas de mayor tamaño puesto que estas partículas generan mayor resistencia al corte por presentar partículas de forma angular.

GRANULOMETRÍA HOMOTÉTICA				
	Muestra original	curva escalada de Tmax 6.35 mm	curva escalada de Tmax 4.76 mm	curva escalada de Tmax 2.00 mm
cohesión (kg/cm²)	0.06	0.08	0.09	0.09
ángulo de fricción(°)	44° 38' 01"	43° 50' 08"	40° 11' 45"	39° 13' 52"

Tabla 75 resultados obtenidos del ensayo de corte a deformación controlada y a gran escala

Análisis por retro calculo

Para obtención de los parámetros de resistencia al corte por el análisis por retro cálculo del talud deslizado fue necesario considerar algunos datos de entrada como:

- Geometría del talud deslizado
- Geometría del talud reconstruido (talud antes de fallar)
- Peso unitario del suelo al momento de la falla del talud
- Estructura del suelo
- Superficie de falla gente

Análisis del retro calculo en la sección evaluada con el programa slide v6.0

El programa slide v 6.0 es una herramienta que facilita la evaluación de la estabilidad de taludes haciendo una análisis determinístico, para así poder determinar el factor de seguridad. Este análisis es posible si se tiene como dato la geometría del el talud antes del deslizamiento y la superficie de falla determinada. Por lo cual el objetivo de esta investigación es el de determinar el factor de seguridad para una determinada superficie de falla y para esto se optó por realizar el análisis de sensibilidad debido a que falta como dato el ángulo de fricción.

Para el modelamiento en el slide v 6.0 se tiene que tener como datos de entra la cohesión, el ángulo de fricción, el peso unitario del talud, la geometría del talud antes del deslizamiento y la superficie de falla para así poder determinar el factor de seguridad del talud de acuerdo a los

métodos de análisis retrospectivo (retro cálculo) mencionados en la metodología por retro calculo que son:

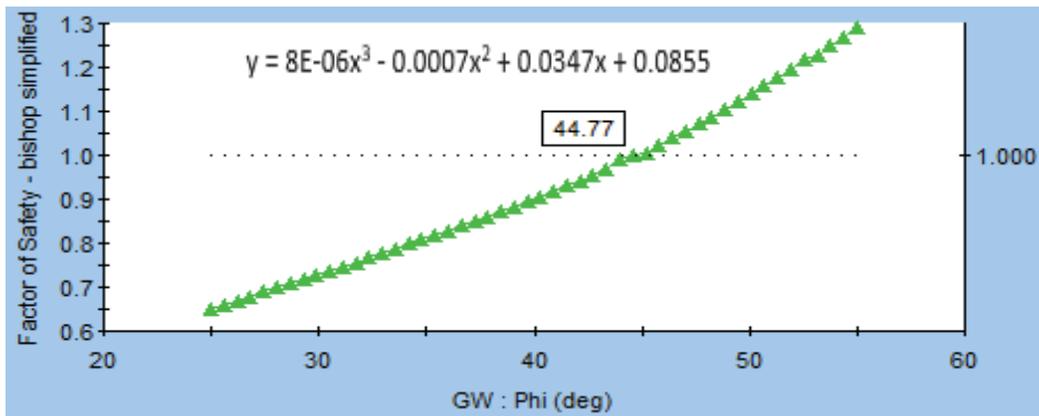
- Método de Bishop
- Método de Spencer
- Método de GLE/ Morgenstern- Price

En la presente investigación se planteó hacer un retro análisis del talud deslizado teniendo como dato de entrada el factor de seguridad obtenidas por los métodos de Bishop, Spencer y Morgenstern- Price, la geometría del talud fallado, la geometría del talud reconstruido y la superficie de falla siendo este un parámetro muy importante para poder determinar la cohesión y el ángulo de fricción.

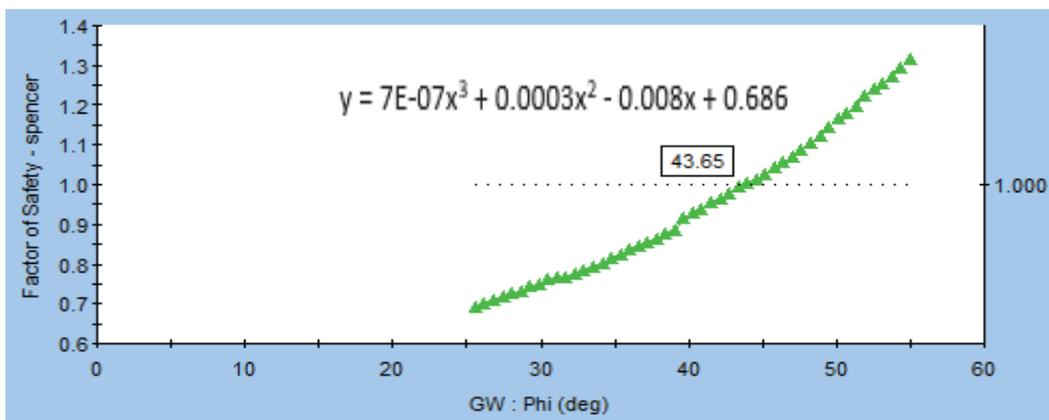
Para esta investigación las variables como dato son el peso unitario obtenido por el ensayo de Test Pit (densidad de campo por sustitución de agua) y la cohesión obtenida por el ensayo de corte directo a gran escala estas variables han sido obtenidas por medio de ensayos en campo y en laboratorio, teniendo como variable el ángulo de fricción.

Para poder obtener el valor del ángulo de fricción por medio del análisis de sensibilidad del programa slide v 6.0 fue necesario mantener constante las demás variable para así poder determinar el valor del ángulo de fricción por medio de un proceso iterativo realizado por el operador que en nuestro caso es programa slide v 6.0. Y para esto fue necesario generar un rango de resultados de acuerdo a un valor máximo y uno mínimo asignados al valor propuesto al ángulo de fricción generando así resultados del ángulo de fricción para diferentes factores de seguridad, el resultado más confiable es aquel que genere un factor de seguridad igual a 1 y esto se puede observar en los siguientes gráficos.

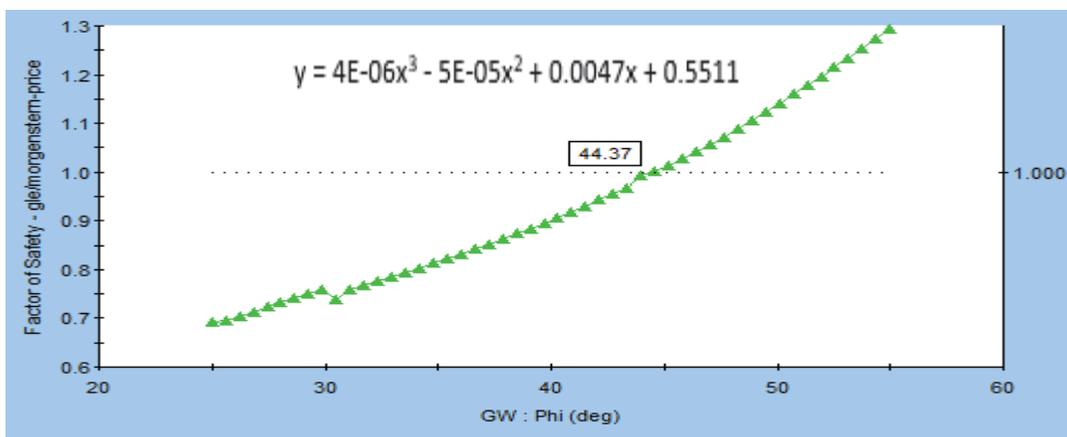
Resultado del ángulo de fricción según el método Bishop



Resultado del ángulo de fricción según el método Spencer



Resultado del ángulo de fricción según el método Morgenstern - Price

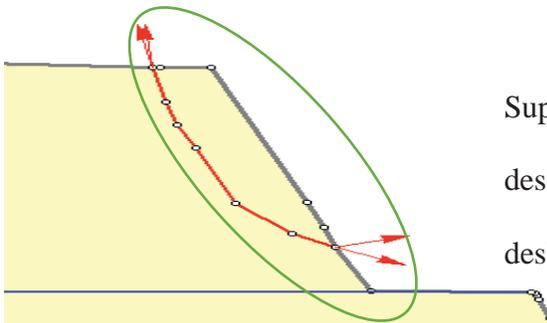


Discusión de resultados obtenidos por el retro calculo

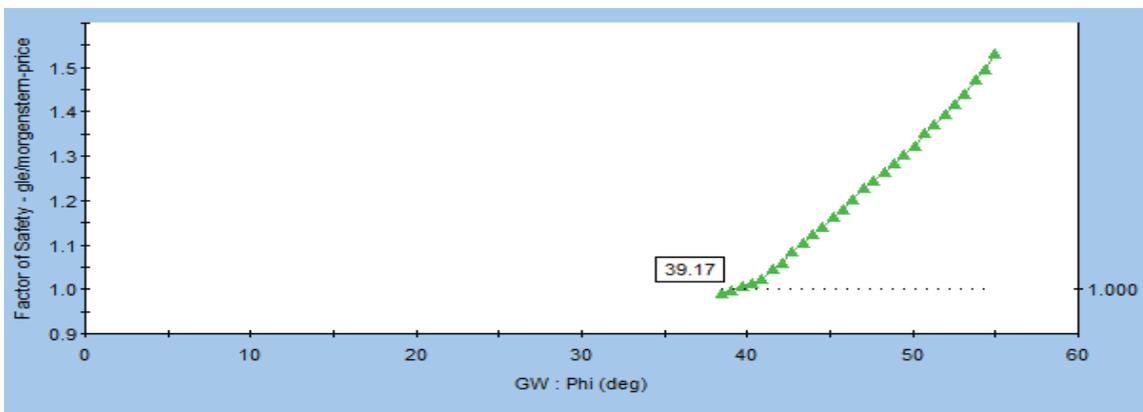
Según los resultados obtenidos por los métodos de análisis de taludes se optó como resultado final aquel ángulo de fricción determinado por el método de Morgenstern – Price debido a que este método se adecua más al análisis de fallas no circular y también por considerar la variación de la inclinación de la resultante de fuerzas entre dovelas de acuerdo a una función arbitraria generando así un resultado lo más real posible en el análisis de falla de un talud.

El resultado del ángulo de fricción por el análisis de sensibilidad está relacionada directamente con la superficie de falla puesto que ya teniendo las otras variables como datos sino se genera una superficie de falla adecuada los resultados obtenidos del ángulo de fricción no serán los correctos como se puede ver en las siguientes imágenes y en los resultados que estas generan para esto se utilizó el método de Morgenstern – Price debido a lo mencionado en el párrafo anterior.

Superficie de falla incorrecta

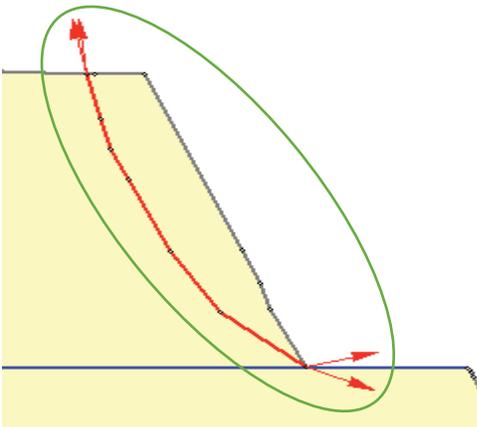


Superficie de falla estimada de acuerdo al material deslizado y a la geometría del talud antes y después del deslizamiento

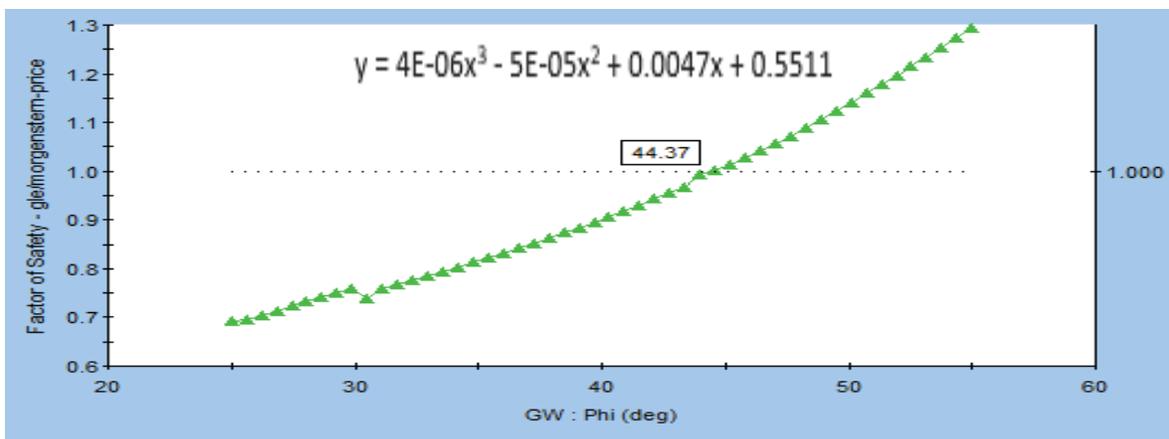


Resultado obtenido por el retro calculo por el método de Morgenstern – Price haciendo un análisis de sensibilidad al ángulo de fricción en la superficie de falla incorrecta

Superficie de falla correcta



Superficie de falla estimada de acuerdo al material deslizado y a la geometría del talud antes y después del deslizamiento



Resultado obtenido por el retro cálculo por el método de Morgenstern – Price haciendo un análisis de sensibilidad al ángulo de fricción en la superficie de falla correcta

Los resultados obtenidos del ángulo de fricción mediante el análisis de sensibilidad del programa slide v.06 son comparados con los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo a gran escala y así podemos asegurar si los resultados obtenidos por el análisis por retro cálculo para una determinada superficie de falla son confiables o no.

Discusión de los resultados obtenidos por los métodos de retro cálculo y granulometría homotética

Algunos resultados obtenidos por estas dos metodologías tienen gran similitud en valor numérico y esto se puede observar en la tabla 76.

	RETRO CALCULO	GRANULOMETRÍA HOMOTÉTICA		
	Muestra original	curva escalada de Tmax 6.35 mm	curva escalada de Tmax 4.76 mm	curva escalada de Tmax 2.00 mm
cohesión (kg/cm²)	0.06	0.08	0.09	0.09
ángulo de fricción(°)	44° 22' 12"	43° 50' 08"	40° 11' 45"	39° 13' 52"

Tabla 76 resultados obtenidos por los métodos de Retro calculo y granulometría homotética.

Según a los resultados obtenidos por los ensayos de corte de las tres muestras escaladas con respecto a los resultados obtenidos del análisis por retro calculo los que presentan mayor similitud en valor numérico es aquella muestra escalda de Tmax de 6.35 mm, debido a que este material escalado presenta mayor porcentajes de grava con respecto de las otras dos curvas escaladas lo cual genero un comportamiento similar al de la muestra original al momento de fallar en el ensayo de corte, a comparación de la muestra escalda de Tmax de 2.00 mm que tiene una variación 5 ° aproximadamente al valor numérico del ángulo de fricción determinada el retro cálculo.

Los resultados obtenidos por el retro cálculo presentan mayor precisión debido a que el análisis que realiza es la representación de la evaluación del material insitu considerando así varios factores que influyen directamente en los parámetros de resistencia al corte de un suelo a lo que no se considera en el método dela granulometría homotética.

CAPÍTULOS V: CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Conclusión general

- 1) La metodología de la granulometría homotética es eficiente para determinar los parámetros de resistencia al corte debido a la aproximación que presentan los resultados obtenidos en los ensayos de corte de las dos muestras escaladas y el de la muestra original.
- 2) El análisis por retro cálculo es eficiente para determinar los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares de un talud siempre y cuando el análisis se realice con la geometría original y una superficie de falla adecuada.
- 3) La eficiencia de la granulometría homotética también está relacionada con el porcentaje de grava y de arena presentes en el material escalado debido a que el material que tenga mayor porcentaje de gravas será aquel que nos dé un comportamiento similar al del material original.
- 4) Para aprovechar la mejor eficiencia del retro cálculo se llegó a la conclusión de que este análisis se tiene que realizar con aquellos métodos que se adecuen a al tipo de falla que se está analizando.

Conclusiones específicas

- 1) Se llegó a conclusión que el factor escala influye directamente en la metodología de la granulometría homotética para determinar los parámetros de resistencia por medio del ensayo de corte directo y esto se puede corroborar por los resultados obtenidos en el ensayo de corte a deformación controlada.

- 2) La disminución del porcentaje grava y el aumento del porcentaje de arena influyen directamente en el cambio de volumen que sufre la muestra al momento de fallar generando una disminución en la fuerza cortante y en el valor numérico del ángulo de fricción.
- 3) El análisis de sensibilidad influye de manera directa en la obtención de los parámetros de resistencia al corte debido a que este análisis está relacionado con la sensibilidad en la variación del FS con respecto a los parámetros de resistencia.
- 4) Para una mayor eficiencia del análisis por retro cálculo se llegó a la conclusión que los métodos aplicados para determinar el grado de estabilidad de un talud influyen directamente en los resultados debido a que estos métodos realizan un planteamiento físico matemático.
- 5) La optimización de las superficies está relacionado con la obtención del factor de seguridad según el tipo de método empleado para determinar el grado de estabilidad del talud.
- 6) Una gran influencia al momento de fallar las muestras escaladas por corte es la variación de la gravedad específica generando un aumento en la cohesión de 0.08 kg/cm² a 0.09 kg/cm² y una disminución del ángulo de fricción de 43° 50' 08" a 39° 13' 52".

5.2. Recomendaciones

- 1) Es recomendable agregar una metodología que escale el grado de saturación de acuerdo al tamaño máximo de las partículas del material escalado.
- 2) Se sugiere mayor estudio en la influencia del grado de saturación en la resistencia al corte en un suelo granular cuando este sea evaluado a condiciones naturales del terreno.
- 3) Para generar datos más confiables por la metodología de la granulometría homotética se recomienda hacer estudios de la influencia de la succión en la resistencia al corte en suelos granulares ensayados a condiciones naturales.

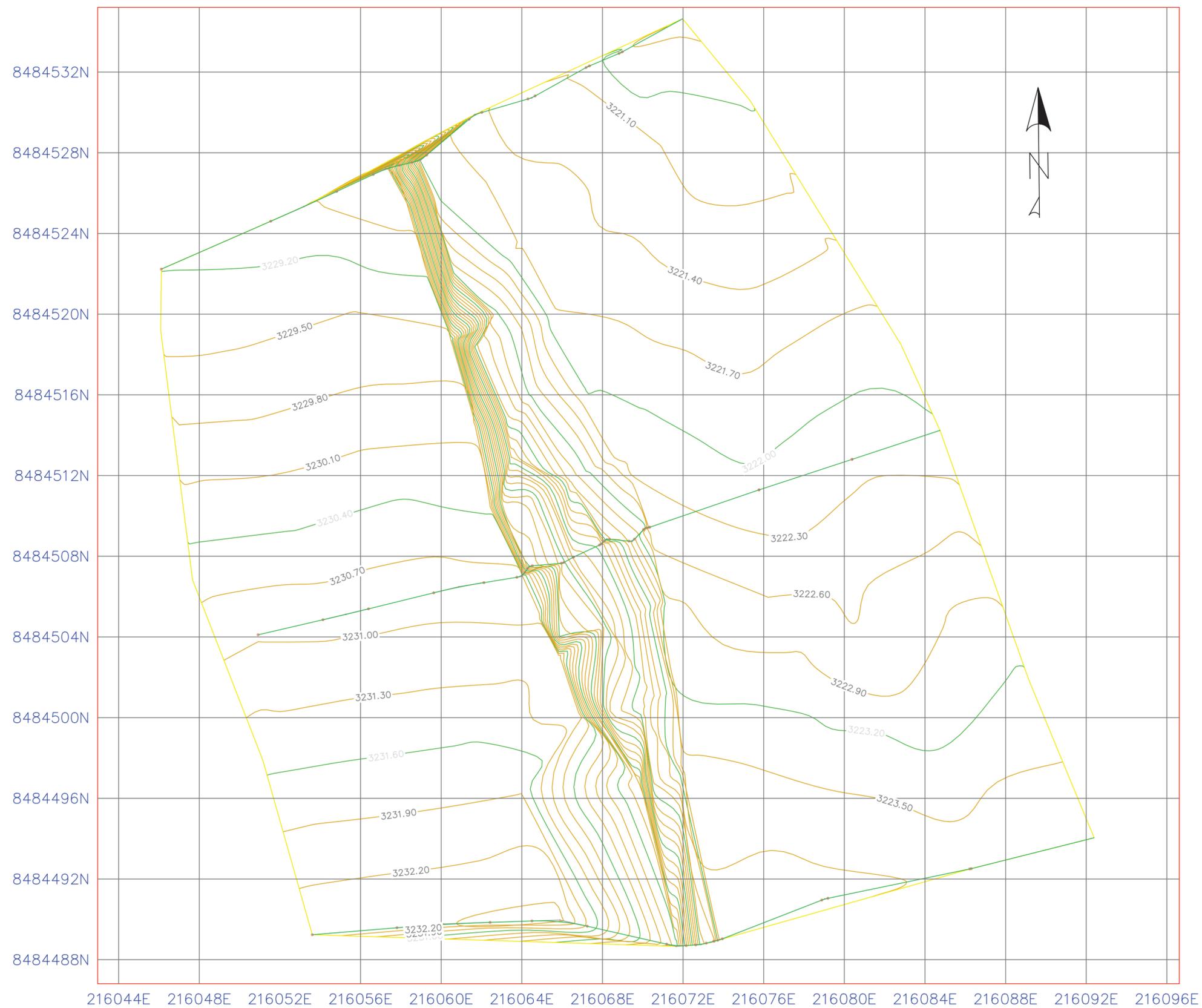
- 4) Para una mayor eficiencia de la metodología de la granulometría homotética se recomienda determinar un factor escala para generar un material con una curva granulométricas escaladas que cumpla con un comportamiento similar al del material original.
- 5) Se recomienda que para el análisis por retro cálculo de un talud deslizado es necesario contar con fuentes bibliográficas sobre los factores que hayan generado la falla del talud para no llegar al punto de asumir estos datos.
- 6) Para generarla mayor eficiencia en la metodología del retro cálculo se recomienda realizar la optimización de las superficies en el análisis de estabilidad.
- 7) Se sugiere que para la obtención de resultados de la estabilidad de taludes es necesario trabajar con los métodos de análisis de estabilidad más rigurosos.

Referencias Bibliográficas

- Arrellano, R., & Correa, D. (1999). *Aanlisis de taludes mediante ensayos y Back Analisis de Fallas*.
- Besio Hernandez, G. A. (2012). Titulo profesional. *Uso del metodo de curvas homoteticas en la representacion de ensayos monotonicos y ciclicos en suelos gruesos*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Braja M., D. (2001). *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica*. Mexico: INTERNATIONAL THOMSOM EDITORES.
- Braja M., D. (2001). *Principios de Ingenieria de Cimentaciones*. Mexico: THOMSON EDITORES.
- Cortés Cortés, D., & Iglesias Leon , D. (2004). *Generalidades Sobre Metodologia de la Investigación*. Ciudad de Carmen, Campeche-MEXICO: Universidad Autónoma del Carmen-MEXICO.
- De La Hoz, K. (2007). *Estimacion de los parametros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos* . Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Fisicas y Matematicas, SANTIAGO.
- Dorador Ortiz, L. H. (2010). Magister en ciencias de la ingenieria . *Analisis experimental de las metodologias de curvas Homoteticas y Corte en la evaluacion de propiedades geotecnicas de suelos gruesos*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Fisicas y Matematicas Departamento de Ingenieria Civil, Santiago -Chile.
- E. Bowles, J. (1982). *Propiedades Geofisicas del Suelo*. Bogota: EDITORIAL McGraw-Hill LATINO AMERICANA,S.A.

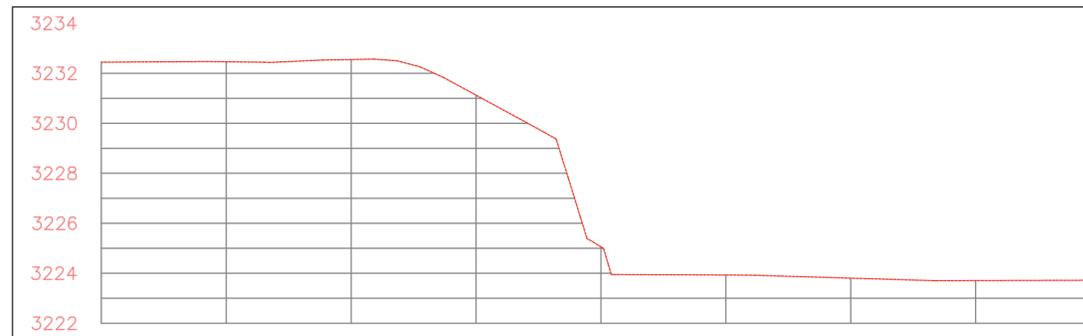
- Garnica Anguas, P., Gomez Lopez, J. A., & Suarez y Araujo, L. E. (1997). Efecto de rotura de granos en material de basalto bajo carga repetida. *secretaria de comunicaciones y transportes instituto mexicano de trasnportes* , 117.
- Gonzales de Vallejo, L. I. (2002). *Ingenieria Geologica*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Granados Lopez, A. (2006). Titulo Profesional. *Estabilizacion del talud de la costa verde en la zona del distrito de Brranco*. Pontifica Universidad Catolica del Peru, Lima-Peru.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación- Sexta Edicion*. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.
- J. Marsal, R., & Resendiz, N. D. (1979). *Presas de Tierra y Enrocamiento*. Mexico: Limusa.
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2005). *Mecanica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecanica de Suelos*. Mexico: LIMUSA.
- Lee, K. L., & Farhoomand, I. (1967). *Compressibility and crushing of granular soil in anisotropic triaxial compression*. Canada: Canadian Geotechnical Journal.
- ROCSCIENCE. (1996). Tutorial 08-Back Analisis Material Properties Slide. *ROCSCIENCE*, 14.
- Segovia Herrera, W. A. (2012). Titulo profesional. *Determinacion de los parametros de resistencia al corte emplenado metodos alternativos en suelos con particulas mayores a 3 de diametro*. Universida Nacional de Ingenieria Facultad de Ingenieria Civil, LIMA-PERU.
- Shuan, L. E. (2011). Maestro en Ciencias. *Inestigacion de la matriz en las gravas del Peru modelo grava Ventanilla*. Univercidad Nacional de Ingenieria Facultad de Ingenieria Civil , Lima - Perú.

PLANOS

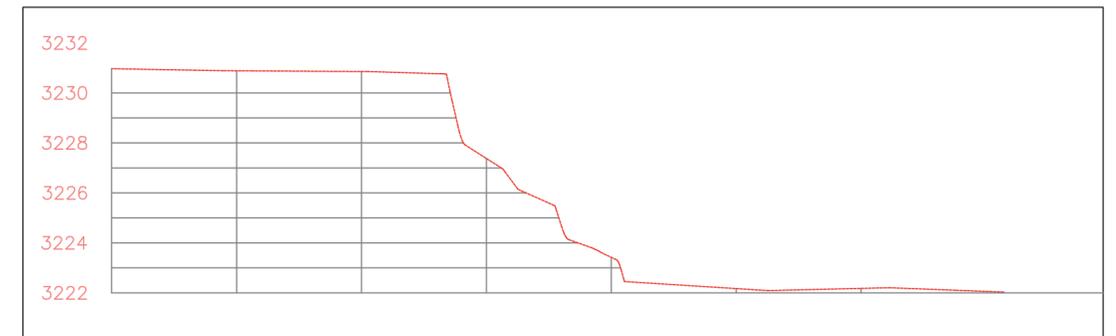


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL		
PLANO: PLANO TOPOGRAFICO		
UBICACION: REGION : CUSCO DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : QUISPICANCHIS DISTRITO : URCOS	ESCALA: 1 / 150 FECHA: JUNIO 2019	No: P-01
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Bachiller Henry Cjapa Herencia		

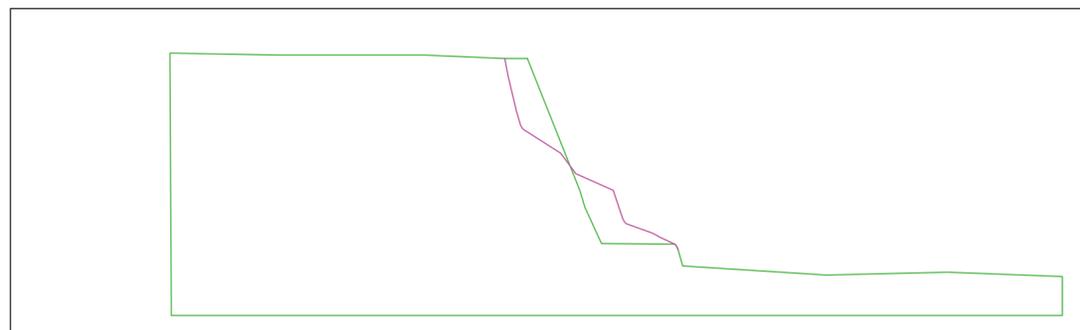
SECCIÓN DEL TALUD NO DESLIZADO (antes)



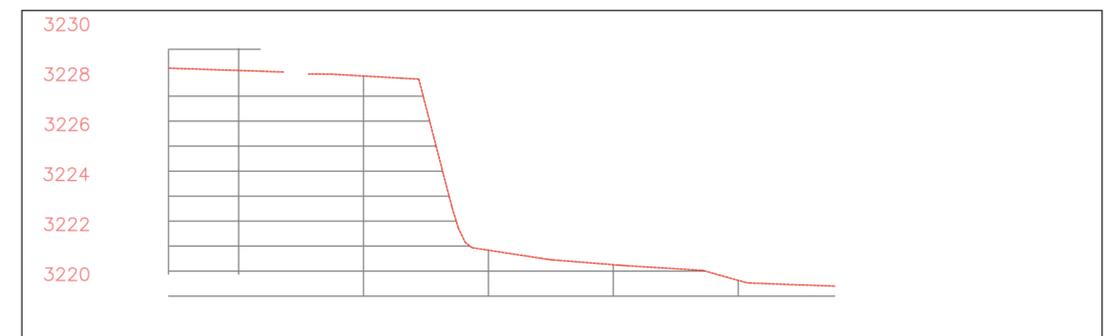
SECCIÓN CRITICA DEL TALUD DESLIZADO



SECCIÓN CRITICA RECONSTRUIDA DEL TALUD



SECCIÓN DEL TALUD NO DESLIZADO (despues)

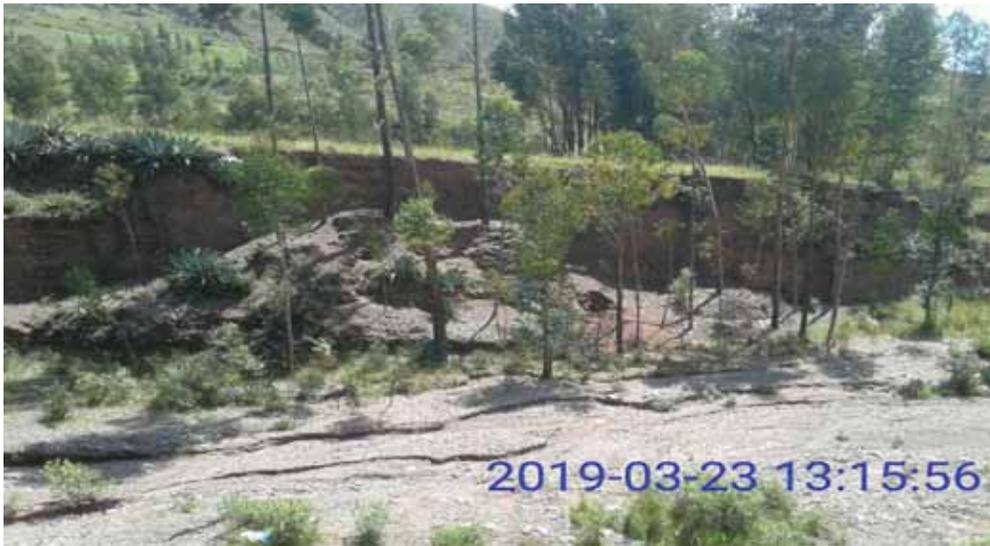


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL			
PLANO:		SECCIÓN CRITICA DEL TALUD DESLIZADO	
UBICACION:	REGION : CUSCO DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : QUISPICANCHIS DISTRITO : URCOS	ESCALA: 1 / 200 FECHA: JUNIO 2019	No: P-02
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Bachiller Henry Cjapa Herencia			

Anexos

A continuación se presentan los ensayos tanto insitu como en el laboratorio realizado para calcular las características geotécnicas.

También se presentan fotografías del talud deslizado en la zona de estudio durante la etapa de elaboración de esta Tesis.



Vista panorámica del talud deslizado ubicado en la quebrada de Cancha Uran





Excavación y muestreo en la parte el talud deslizado



Ensayo de densidad natural Test Pit (método remplazo por agua)



Cuarteo del material extraído del talud fallado y su respectivo análisis granulométrico por tamizado



Ensayo de peso específico realizado en el laboratorio de mecánica de suelos “ALLPA LABORATORIO”



Análisis granulométrico de las curvas escaladas en el laboratorio de mecánica de suelos “ALLPA LABORATORIO”



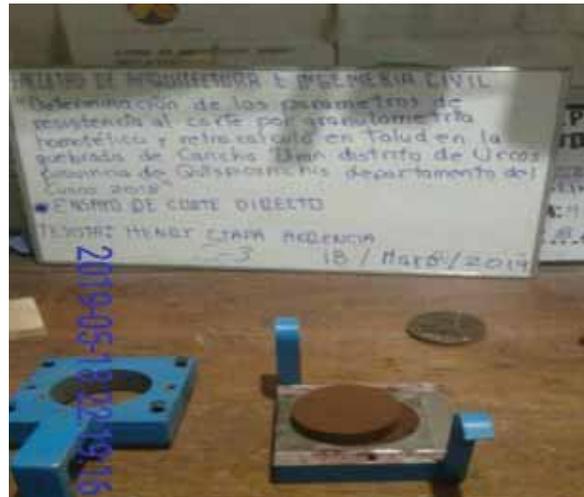


Ensayo de máximas y mínimas densidades en seco del material original como del escalado en el laboratorio de mecánica de suelos “ALLPA LABORATORIO”



Preparación de la muestra para el ensayo de corte directo a deformación controlada en el laboratorio de mecánica de suelos “ALLPA LABORATORIO”





Muestras después del ensayo de corte directo a deformación controlada en el laboratorio de mecánica de suelos "ALLPA LABORATORIO"



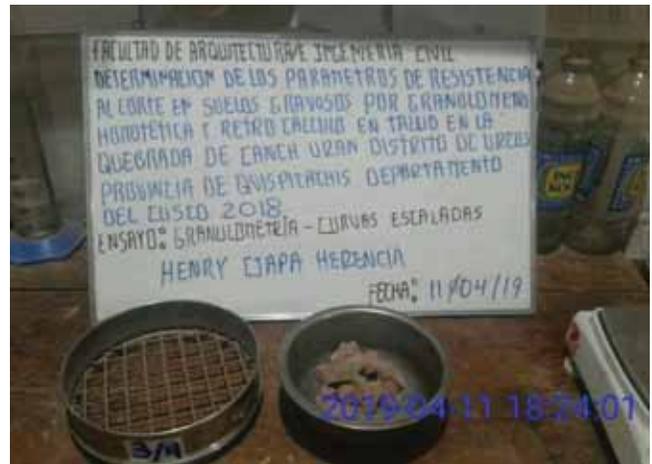
Preparación de la muestra original para el ensayo de corte directo a gran escala a carga controlada



Ensayo de corte directo a gran escala a carga controlada de la muestra original



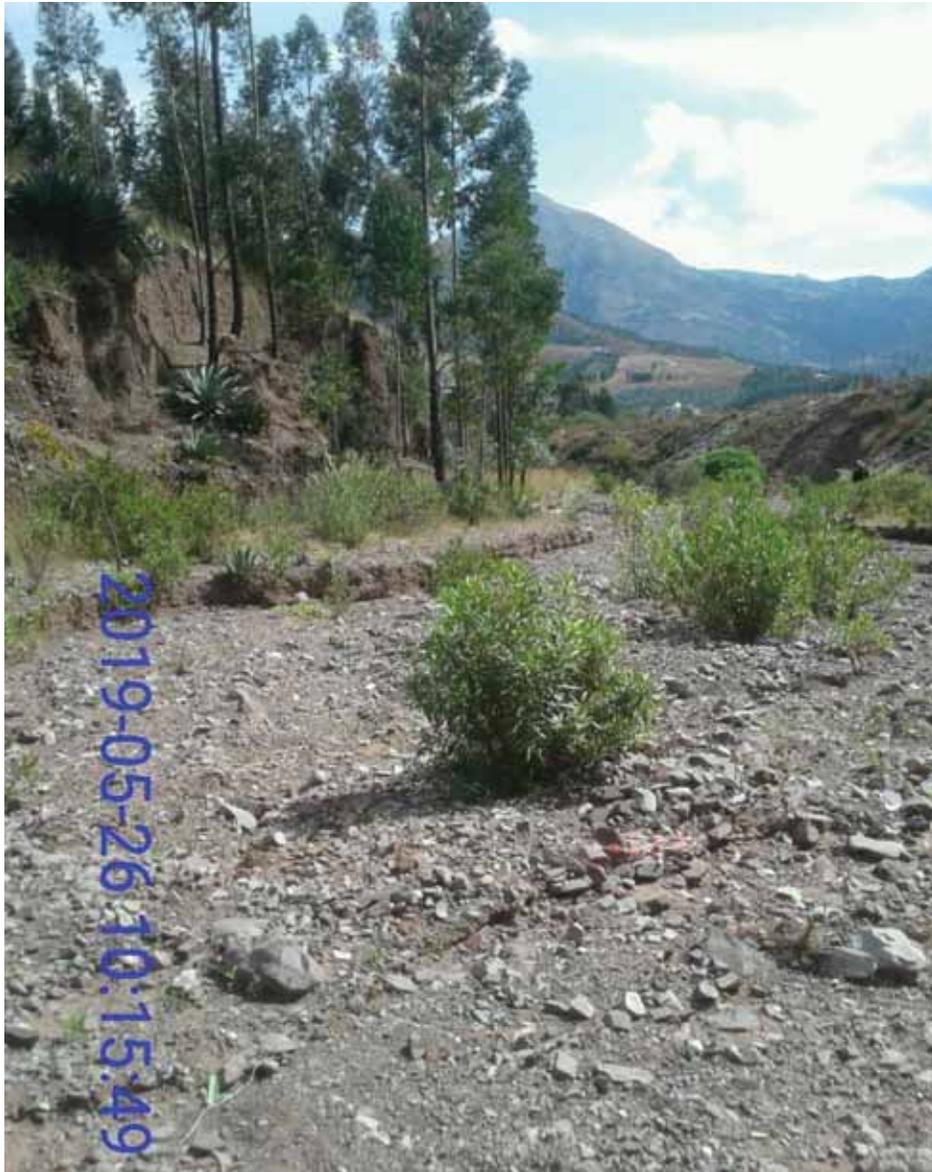
Levantamiento topográfico del talud en estudio



Granulometría por tamizado para generar las curvas escaladas



Selección de muestra a ensayar en campo por medio de tamices



Vista completa del talud en estudio en la quebrada de Cancha Uran

HOJAS DE CÁLCULO

	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL				
TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"					
UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco					
REGISTRO :					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO					
REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE LA CALICATA C-1					
DATOS DE LA MUESTRA					
CONCEPTO : Evaluación del talud N°2		MUESTRA :			
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco		FECHA :			
		PROFUNDIDAD : -2.50 m			
CALICATA : C-1-TALUD		HECHO POR : H.C.H			
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION	CLASIFICACION	
				SUCS	AASHTO
-2.50	[Checkerboard pattern]				



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinacion de los parametros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometria homotetica y retro calculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cuzco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TEST PIT (DENSIDAD INSITU POR EL METODO DE REPLAZO POR AGUA)
NORMAS TÉCNICA ASTM D 5030

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluacion del talud N°2

MUESTRA :

SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cuzco

FECHA :

PROFUNDIDAD :

CALICATA : C-2 -TALUD

HECHO POR :

ENSAYO N°	C1	C2	C3
Peso del Volumen Inicial del Agua(gr)			
Peso de la M2 (gr)			
Peso del Volumen Final de Agua (gr)			
Peso del Volumen del Agua (gr)			
Volumen del Suelo(cm3)			
Peso Seco del Suelo(gr)			
1.877			
Densidad Seca del Suelo(gr/cm3)			

Densidad Humeda promedio del suelo (gr/cm3)	
Densidad Seca promedio del suelo (gr/cm3)	



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parametros de resisitencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotetica y retro calculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

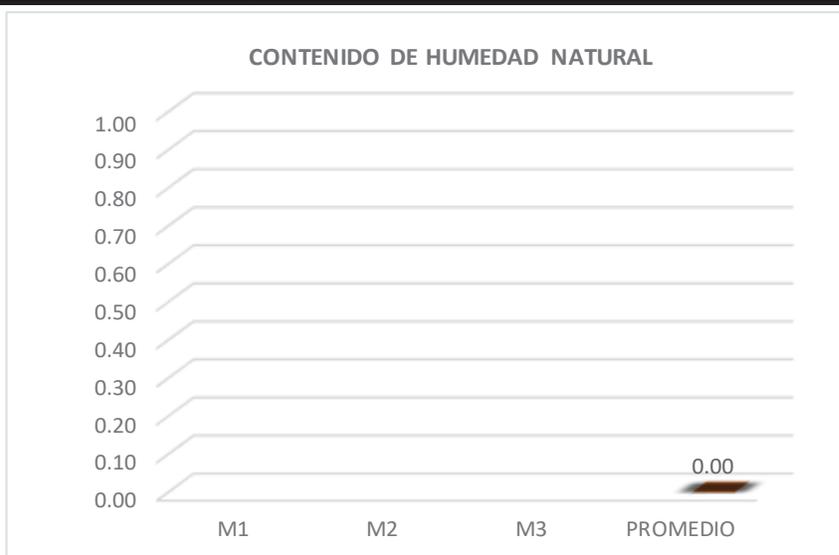
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluacion del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA : C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

ENSAYO N°	M1	M2	M3
PESO DE LA TARA gr.			
PESO DE LA TARA + SUELO HUMEDO gr.			
PESO TARA + SUELO SECO gr.			
PESO DEL AGUA gr.			
PESO SUELO SECO gr.			
HUMEDAD %			
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %			



CONTENIDO DE HUMEDAD	0.00 %
----------------------	--------



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELO NORMA TÉCNICA: MTCE 113

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2

MUESTRA :

SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

FECHA :

P -2.50

CALICATA : C-1-TALUD

H.H.C.H

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

A) PESO ESPECIFICO PARA PARTICULAS MENORES QUE EL TAMIZ N° 4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	
Volumen del Picnómetro (ml)	
Peso del Picnómetro (gr)	
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Específico (gr/cm ³)	

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

A) PESO ESPECIFICO PARA PARTICULAS ENTRE LOS TAMICES N°4 Y 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Específico (gr/cm ³)	
Capacidad de Absorción	

B) PESO ESPECIFICO PARA PARTICULAS MAYORES AL TAMIZ 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Especifico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Especifico (gr/cm ³)	
Capacidad de Absorción	

	Peso Especifico promedio (gr/cm³)
Particulas finas	
Particulas medias	
Particulas gruesas	

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO(gr/cm³)	
--	--



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELO Tmax 6.35 mm
NORMA TÉCNICA: MTC E 113

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
	P -2.50
CALICATA : C-1-TALUD	H.H.C.H

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNÓMETRO DE AGUA

A) PESO ESPECÍFICO PARA PARTICULAS MENORES QUE EL TAMIZ N° 4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	
Volumen del Picnómetro (ml)	
Peso del Picnómetro (gr)	
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Específico (gr/cm ³)	

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

A) PESO ESPECÍFICO PARA PARTICULAS ENTRE LOS TAMICES N°4 Y 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Específico (gr/cm ³)	
Capacidad de Absorción	

	Peso Específico promedio (gr/cm ³)
Partículas finas	0.000
Partículas medias	0.000

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO(gr/cm³)



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELO T_{max} 4.76 mm
ORMA TÉCNICA: MTCE 113

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
	P-2.50
CALICATA : C-1-TALUD	H.H.C.H

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNÓMETRO DE AGUA

A) PESO ESPECÍFICO PARA PARTICULAS MENORES QUE EL TAMIZ N° 4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	
Volumen del Picnómetro (ml)	
Peso del Picnómetro (gr)	
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Específico (gr/cm ³)	

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

A) PESO ESPECÍFICO PARA PARTICULAS ENTRE LOS TAMICES N°4 Y 3/4"

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Específico (gr/cm ³)	
Capacidad de Absorción	

	Peso Específico promedio (gr/cm³)
Partículas finas	
Partículas medias	

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO (gr/cm³)



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SUELO Tmax 2.00 mm
NORMA TÉCNICA: MTCE 113

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
	P -2.50
CALICATA : C-1-TALUD	HH.C.H

GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

A) PESO ESPECIFICO PARA PARTICULAS MENORES QUE EL TAMIZ N° 4

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01
Número de Picnómetro	
Volumen del Picnómetro (ml)	
Peso del Picnómetro (gr)	
Peso de la Muestra Seca (gr)	
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	
Temperatura del Agua (°C)	
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	
Peso del Agua Desplazada (gr)	
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	
Factor de corrección por Temperatura	
Peso Específico (gr/cm ³)	

Partículas finas

Peso Especifico promedio (gr/cm³)

0.000

GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO (gr/cm³)



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACION (S%)
RELACIONES VOLUMÉTRICAS (e, n, S%)

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

GRADO DE SATURACION (S):

Peso humedo de la muestra	Wh:	
Volumen de la muestra:	V:	
Peso específico de partículas solidas	Ge:	
Peso unitario seco	Yd:	
Contenido de Humedad	w%:	

$$V_s = \left(\frac{Wh}{1+w\%} \right) \left(\frac{1}{G_e} \right)$$

$$W_s = \frac{Wh}{1+w\%}$$

Volumenes(cm3)

Peso (gr)



TOTAL: _____

Relación de vacios	e:	
Porosidad	n%:	
Grado de Saturación	S%:	

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad e = \frac{V_v}{V_s} \quad n = \frac{V_v}{V_T}$$



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACION (S%) Tmax 6.35 mm
RELACIONES VOLUMÉTRICAS (e, n, S%)

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA : C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

GRADO DE SATURACION (S):

Peso humedo de la muestra	Wh:	
Volumen de la muestra:	V:	
Peso especifico de particulas solidas	Ge:	
Peso unitario seco	Yd:	
Contenido de Humedad	w%:	

$$Vs = \left(\frac{Wh}{1+w\%} \right) \left(\frac{1}{Ge} \right)$$

$$Ws = \frac{Wh}{1+w\%}$$

Volumenes(cm3)

Peso (gr)



TOTAL: _____

Relación de vacios	e:	
Porosidad	n%:	
Grado de Saturación	S%:	

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad e = \frac{V_v}{V_s} \quad n = \frac{V_v}{V_T}$$



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACION (S%) Tmax 4.76 mm
RELACIONES VOLUMETRICAS(e, n, S%)

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA : C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

GRADO DE SATURACION (S):

Peso humedo de la muestra	Wh:	
Volumen de la muestra:	V:	
Peso especifico de particulas solidas	Ge:	
Peso unitario seco	Yd:	
Contenido de Humedad	w%:	

$$V_s = \left(\frac{Wh}{1+w\%} \right) \left(\frac{1}{G_e} \right)$$

$$W_s = \frac{Wh}{1+w\%}$$

Volumenes(cm3)

Peso (gr)



TOTAL: _____

Relación de vacios	e:	
Porosidad	n%:	
Grado de Saturación	S%:	

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad e = \frac{V_v}{V_s} \quad n = \frac{V_v}{V_T}$$



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SATURACION (S%) Tmax 2.00 mm
RELACIONES VOLUMÉTRICAS (e, n, S%)

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA : C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

GRADO DE SATURACION (S):

Peso humedo de la muestra	Wh:	
Volumen de la muestra:	V:	
Peso específico de partículas sólidas	Ge:	
Peso unitario seco	Yd:	
Contenido de Humedad	w%:	

$$V_s = \left(\frac{Wh}{1+w\%} \right) \left(\frac{1}{G_e} \right)$$

$$W_s = \frac{Wh}{1+w\%}$$

Volumenes(cm3)

Peso (gr)



TOTAL: _____

Relación de vacíos	e:	
Porosidad	n%:	
Grado de Saturación	S%:	

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad e = \frac{V_v}{V_s} \quad n = \frac{V_v}{V_T}$$



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinacion de los parametros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometria homotetica y retro calculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluacion del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR :	FECHA : 27/03/2019
: Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	PROFUNDIDAD : -2.50 m
CALICATA : C-1-TALUD	HECHO POR : H.C.H

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO		% RETENIDO		% QUE PASA	ESPECIFIC.		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO			Superior	Inferior	
Peso de Muestras									
3"	75.000					100.00%			Peso Total Seco (gr.)
2"	50.800					100.00%	-	-	Peso Despues de Lavar (gr.)
1½"	38.100					100.00%	-	-	Perdida por Lavado (gr.)
1"	25.400					100.00%	-	-	
Datos Generales									
¾"	19.000					100.00%	-	-	% de Gruesos
⅜"	9.500					100.00%	-	-	% de Finos
N° 4	4.760					100.00%	-	-	Total
Fraciones de Grava, Arena, Finos									
N° 10	2.000					100.00%	-	-	% de Grava (Ret. Tamiz N° 4)
N° 20	0.840					100.00%	-	-	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)
N° 40	0.425					100.00%	-	-	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)
N° 60	0.260					100.00%	-	-	% que pasa el tamiz N° 10
N° 140	0.106					100.00%	-	-	% que pasa el tamiz N° 40
N° 200	0.075					100.00%	-	-	% que pasa el tamiz N° 200
< N° 200	Cazuela					-			
Lavado	-		100.00%	100.00%		-			% que pasa el tamiz N° 200
Gradación									Ninguna



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRANULOMETRIAS ESCALADAS

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA : 27/03/2019
	PROFUNDID : -2.50 m
CALICATA : TALUD N°2	HECHO POR : H.C.H

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO		% QUE PASA	ESPECIFIC.		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Tmax 6.35 mm
		RETENIDO	PARCIAL		ACUMULADO	Superior	
3"	75.000						Peso de Muestras
2"	50.800					-	Peso Total Seco (gr.)
1½"	38.100					-	Peso Después de Lavar (gr.)
1"	25.400					-	Perdida por Lavado (gr.)
¾"	19.000					-	Datos Generales
3/8"	9.500					-	% de Gruesos
1/4"	6.350					-	
N° 4	4.760					-	% de Finos
N° 10	2.000					-	Total
N° 20	0.840					-	Fraciones de Grava, Arena, Finos
N° 40	0.425					-	% de Grava (Ret. Tamiz N° 4)
N° 60	0.260					-	% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200)
N° 140	0.106					-	% de Finos (Pasa Tamiz N° 200)
N° 200	0.075					-	% que pasa el tamiz N° 10
< N° 200	Cazuela					-	% que pasa el tamiz N° 40
Lavado	-					-	% que pasa el tamiz N° 200
							Gradación Ninguna

0.00

Cc=

Cu=

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Tmax 4.76 mm
						Superior	Inferior	
3"	75.000	0.00	#DIV/0!	0.00%	100.00%			Peso de Muestras
2"	50.800					-	-	Peso Total Seco (gr.)
1½"	38.100					-	-	Peso Despues de Lavar (gr.)
1"	25.400					-	-	Perdida por Lavado (gr.)
3/4"	19.000					-	-	Datos Generales
3/8"	9.500					-	-	% de Gruesos
Nº 4	4.760					-	-	% de Finos
Nº 10	2.000					-	-	Total
Nº 20	0.840					-	-	Fracciones de Grava, Arena, Finos
Nº 40	0.425					-	-	% de Grava (Ret. Tamiz Nº 4)
Nº 60	0.260					-	-	% de Arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200)
Nº 140	0.106					-	-	% de Finos (Pasa Tamiz Nº 200)
Nº 200	0.075					-	-	% que pasa el tamiz Nº 10
< Nº 200	Cazuela					-	-	% que pasa el tamiz Nº 40
Lavado	-							% que pasa el tamiz Nº 200
								Gradación Ninguna
		0.00						Cc=
								Cu=

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Tmax 2.00 mm
						Superior	Inferior	
3"	75.000							Peso de Muestras
2"	50.800					-	-	Peso Total Seco (gr.)
1½"	38.100					-	-	Peso Despues de Lavar (gr.)
1"	25.400					-	-	Perdida por Lavado (gr.)
3/4"	19.000					-	-	Datos Generales
3/8"	9.500					-	-	% de Gruesos
Nº 4	4.760					-	-	% de Finos
Nº 10	2.000					-	-	Total
Nº 20	0.840					-	-	Fracciones de Grava, Arena, Finos
Nº 40	0.425					-	-	% de Grava (Ret. Tamiz Nº 4) 0.00%
Nº 60	0.260					-	-	% de Arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) 0.00%
Nº 140	0.106					-	-	% de Finos (Pasa Tamiz Nº 200) 0.00%
Nº 200	0.075					-	-	% que pasa el tamiz Nº 10 0.00%
< Nº 200	Cazuela					-	-	% que pasa el tamiz Nº 40 0.00%
Lavado	-							% que pasa el tamiz Nº 200 0.00%
								Gradación Ninguna
		0.00						Cc=
								Cu=



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parametros de resisitencia al corte en suelos gravosos por granulometria homotetica y retro calculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ENERGIA DE COMPACTACION

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA : C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

Marshall de 6"	
W(Kg):	
H(cm)	
D(cm):	
A(cm2):	
n(Capas):	
Volumen(cm3):	
E(kg-cm/cm3)	
N(golpes):	

$$E_c = \frac{NnWh}{V}$$



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA (DR) (e, e_{max}, e_{min})

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluación del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA : C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

DENSIDAD RELATIVA (DR):

$$DR(\%) = \frac{(e_{max} - e)}{(e_{max} - e_{min})} \cdot 100.$$

$$e_{max} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{dmin}} - 1, \quad e_{min} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{dmax}} - 1, \quad e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

peso específico de partículas sólidas	Ge:	
peso unitario del agua	γw:	
peso unitario seco	γd:	

Determinación de peso unitario seco máximo :

peso del molde (gr)		
volumen del molde (cm ³)		
peso del molde + muestra (gr)		
peso de la muestra compactada (gr)		
peso unitario seco máximo (gr/cm ³)		

peso unitario seco máximo	γdmax:(gr/cm ³)	
peso unitario seco mínimo	γdmin:(gr/cm ³)	

Relación de vacíos	e:	
Relación de vacíos	e max:	
Relación de vacíos	e min:	

DENSIDAD RELATIVA	DR : (%)	
-------------------	----------	--

Determinación de peso unitario seco mínimo :

peso del molde (gr)			6655.3
volumen del molde (cm ³)			2130
peso del molde + muestra (gr)			10143.7
peso de la muestra suelta (gr)			3488.4
peso unitario seco mínimo (gr/cm ³)			1.638

Dr (%)	Estado del suelo
Muy suelto	0-15
Suelto	15-35
Medio denso	35-65
Denso	65-85
Muy denso	85-100



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinacion de los parametros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometria homotetica y retro calculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

DENSIDAD RELATIVA (DR) Y DENSIDAD max y min DE LAS MUESTRAS ESCALADAS

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluacion del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
CALICATA C-1-TALUD	PROFUNDIDAD : -2.50 m
	HECHO POR : H.C.H

DENSIDADE RELATIVA(DR) MAX Y MIM DE LA CURVA ESCALADA DE Tmax : 6.35 mm

Determinacion de peso unitario seco maximo :

Determinacion de peso unitario seco minimo :

peso delmolde (gr)		
volumen del molde (cm3)		
peso del molde + muestra (gr)		
peso de la muestra compactada (gr)		
peso unitario seco maximo (gr/cm3)		

peso delmolde (gr)			
volumen del molde (cm3)			
peso del molde + muestra (gr)			
peso de la muestra suelta (gr)			
peso unitario seco minimo (gr/cm3)			

Relación de vacios	e:	
Relación de vacios	e max:	
Relación de vacios	e min:	
DENSIDAD RELATIVA Tmax= 6.35 mm	DR : (%)	

DENSIDADE RELATIVA(DR) MAX Y MIM DE LA CURVA ESCALADA DE Tmax : 4.76 mm

Determinacion de peso unitario seco maximo :

peso delmolde (gr)		
volumen del molde (cm3)		
peso del molde + muestra (gr)		
peso de la muestra compactada (gr)		
peso unitario seco maximo (gr/cm3)		

Determinacion de peso unitario seco minimo :

peso delmolde (gr)			
volumen del molde (cm3)			
peso del molde + muestra (gr)			
peso de la muestra suelta (gr)			
peso unitario seco minimo (gr/cm3)			

Relación de vacios	e:	
Relación de vacios	e max:	
Relación de vacios	e min:	
DENSIDAD RELATIVA Tmax= 4.76 mm	DR : (%)	

DENSIDADE RELATIVA(DR) MAX Y MIM DE LA CURVA ESCALADA DE Tmax : 2.00 mm

Determinacion de peso unitario seco maximo :

peso delmolde (gr)		
volumen del molde (cm3)		
peso del molde + muestra (gr)		
peso de la muestra compactada (gr)		
peso unitario seco maximo (gr/cm3)		

Determinacion de peso unitario seco minimo :

peso delmolde (gr)			
volumen del molde (cm3)			
peso del molde + muestra (gr)			
peso de la muestra suelta (gr)			
peso unitario seco minimo (gr/cm3)			

Relación de vacios	e:	
Relación de vacios	e max:	
Relación de vacios	e min:	
DENSIDAD RELATIVA Tmax= 2.00 mm		



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinacion de los parametros de resisitencia al corte en suelos gravosos por granulometria homotetica y retro calculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

UBICACIÓN : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

REGISTRO :

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

PREPARACION DE LAS MUESTRAS ORIGINAL Y ESCALADAS PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Evaluacion del talud N°2	MUESTRA :
SECTOR : Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco	FECHA :
	PROFUNDIDAD : -2.50 m
CALICATA : C-1-TALUD	HECHO POR : H.C.H

muestra escalada Tmax= 6.35 mm

diametro de la muestra (cm)	
altura de la muestra (cm)	
volumen de la muestra (cm3)	
desnsidad natural de lamuetra (gr/cm3)	
contenido de humedad(%)	
peso de la muestra humeda (gr)	
peso de la muestra seca (gr)	
peso del volumen de agua (gr)	
desnsidad relativa (%)	

muestra escalada Tmax= 4.76 mm

diametro de la muestra (cm)	
altura de la muestra (cm)	
volumen de la muestra (cm3)	
desnsidad natural de lamuetra (gr/cm3)	
contenido de humedad(%)	
peso de la muestra humeda (gr)	
peso de la muestra seca (gr)	
peso del volumen de agua (gr)	
desnsidad relativa (%)	

muestra escalada Tmax= 2.00 mm

diametro de la muestra (cm)	
altura de la muestra (cm)	
volumen de la muestra (cm3)	
desnsidad natural de lamuetra (gr/cm3)	
contenido de humedad(%)	
peso de la muestra humeda (gr)	
peso de la muestra seca (gr)	
peso del volumen de agua (gr)	
desnsidad relativa (%)	

muestra original

diametro de la muestra (cm)	
altura de la muestra (cm)	
volumen de la muestra (cm3)	
desnsidad natural de lamuetra (gr/cm3)	
contenido de humedad(%)	
peso de la muestra humeda (gr)	
peso de la muestra seca (gr)	
peso del volumen de agua (gr)	
desnsidad relativa (%)	



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

Ubicación: Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

Registro: N°00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO			
Muestreador:	CIRCULAR	Fecha de ensayo:	18/05/2019
Material:	material original	Identificación de la muestra:	C- ORIGINAL
Descripción:			
Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Diametro (mm)			
Area (cm ²)			
Masa M. húmeda (g)			
Altura de la muestra(cm)			
Volumen del Anillo (cm ³)			
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)			
Condiciones iniciales			
Humedad natural (%)			
Masa muestra seca Md (g)			
Densidad seca rd (g/cm ³)			
Gravedad específica G			

	carga/ contracarga	constantes	
F. Normal	cm	Kn =	
	cm		
F. Tang.	cm	Kt=	
	cm		

	Normal			Tangencial		
	W	C.G x	Esf.	W	C.G x	F
Palanca						
Port/pesa						

Wn =				Wn =				Wn =			
Lecturas		Kg		Lecturas		Kg		Lecturas		Kg	
W	Def.	Unit.	Tang.	W	Def.	Unit.	Tang.	W	Def.	Unit.	Tang.
Kg	mm	%	Kg	Kg	mm	%	Kg	Kg	mm	%	Kg
	Pal				Pal				Pal		
	p/ps				p/ps				p/ps		
	1.00				1.00				1.00		
	2.00				2.00				2.00		
	3.00				3.00				3.00		
	4.00				4.00				4.00		
	5.00				5.00				5.00		
	6.00				6.00				6.00		
	7.00				7.00				7.00		
	8.00				8.00				8.00		
	9.00				9.00				9.00		
					10.00				10.00		
					11.00				11.00		
					12.00				12.00		
					13.00				13.00		
					14.00				14.00		
					15.00				15.00		
					16.00				16.00		
					17.00				17.00		
					18.00				18.00		
					19.00				19.00		
					20.00				20.00		
					21.00				21.00		
					22.00				22.00		
					23.00				23.00		
					24.00				24.00		
					25.00				25.00		



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018''

Ubicación: Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

Registro: N°00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Muestreador: CIRCULAR **Fecha de ensayo:** 18/05/2019
Material: granulometría escalada T_{max} 2.00 mm **Identificación de la muestra:** C-3
Descripción:

Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4
Diametro (mm)				
Area (cm ²)				
Masa M. húmeda (g)				
Altura de la muestra(cm)				
Volumen del Anillo (cm ³)				
Densidad de la muestra humeda (g/cm ³)				
Condiciones iniciales				
Humedad natural (%)				
Masa muestra seca Md (g)				
Densidad seca rd (g/cm ³)				
Parámetros del Ensayo				
Pesas en el brazo (kg)				
Carga total en la muestra (kg)				
Múltiplo (5 / 10)				
Esfuerzo Vertical (kPa)				
Velocidad desplazam. (mm/min)				

Def. Horizontal		Area (cm2)	Deformación Normal				Fuerza				Esfuerzo Cortante			
(%)	(mm)		(mm)				(N)				(kPa)			
0.00	0.00													
0.10	0.05													
0.20	0.10													
0.30	0.15													
0.40	0.20													
0.50	0.25													
0.60	0.30													
0.70	0.36													
0.80	0.41													
0.90	0.46													
1.00	0.51													
1.20	0.61													
1.40	0.71													
1.60	0.81													
1.80	0.91													
2.00	1.02													
2.50	1.27													
3.00	1.52													
3.50	1.78													
4.00	2.03													
4.50	2.29													
5.00	2.54													
5.50	2.79													
6.00	3.05													
6.50	3.30													
7.00	3.56													
7.50	3.81													
8.00	4.06													
8.50	4.32													
9.00	4.57													
9.50	4.83													
10.00	5.08													
11.00	5.59													
12.00	6.10													
13.00	6.60													
14.00	7.11													
15.00	7.62													
16.00	8.13													
17.00	8.64													
18.00	9.14													
19.00	9.65													
20.00	10.16													
21.00	10.67													
22.00	11.18													
23.00	11.68													
24.00	12.19													
25.00	12.70													
27.00	13.72													
29.00	14.73													
31.00	15.75													
33.00	16.76													
35.00	17.78													



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parámetros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometría homotética y retro cálculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

Ubicación: Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

Registro: N°00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Muestreador: CIRCULAR **Fecha de ensayo:** 18/05/2019

Material: granulometría escalada T_{max} 2.00 mm **Identificación de la muestra:** C-3

Descripción:

Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4
Diametro (mm)				
Area (cm ²)				
Masa M. húmeda (g)				
Altura de la muestra(cm)				
Volumen del Anillo (cm ³)				
Densidad de la muestra húmeda (g/cm ³)				
Condiciones iniciales				
Humedad natural (%)				
Masa muestra seca Md (g)				
Densidad seca rd (g/cm ³)				
Parámetros del Ensayo				
Pesas en el brazo (kg)				
Carga total en la muestra (kg)				
Múltiplo (5 / 10)				
Esfuerzo Vertical (kPa)				
Velocidad desplazam. (mm/min)				

Def. Horizontal		Area (cm2)	Deformación Normal				Fuerza				Esfuerzo Cortante			
(%)	(mm)		(mm)				(N)				(kPa)			
0.00	0.00													
0.10	0.05													
0.20	0.10													
0.30	0.15													
0.40	0.20													
0.50	0.25													
0.60	0.30													
0.70	0.36													
0.80	0.41													
0.90	0.46													
1.00	0.51													
1.20	0.61													
1.40	0.71													
1.60	0.81													
1.80	0.91													
2.00	1.02													
2.50	1.27													
3.00	1.52													
3.50	1.78													
4.00	2.03													
4.50	2.29													
5.00	2.54													
5.50	2.79													
6.00	3.05													
6.50	3.30													
7.00	3.56													
7.50	3.81													
8.00	4.06													
8.50	4.32													
9.00	4.57													
9.50	4.83													
10.00	5.08													
11.00	5.59													
12.00	6.10													
13.00	6.60													
14.00	7.11													
15.00	7.62													
16.00	8.13													
17.00	8.64													
18.00	9.14													
19.00	9.65													
20.00	10.16													
21.00	10.67													
22.00	11.18													
23.00	11.68													
24.00	12.19													
25.00	12.70													
27.00	13.72													
29.00	14.73													
31.00	15.75													
33.00	16.76													
35.00	17.78													



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL



TESIS : "Determinación de los parametros de resistencia al corte en suelos gravosos por granulometria homotetica y retro calculo en talud en la quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco 2018"

Ubicación: Quebrada de Cancha Uran distrito de Urcos provincia de Quispicanchis departamento del Cusco

Registro: N°00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Muestreador: CIRCULAR **Fecha de ensayo:** 18/05/2019

Material: granulometria escalada Tmax 2.00 mm **Identificación de la muestra:** C-3

Descripción:

Parámetros de la muestra	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4
Diametro (mm)				
Area (cm2)				
Masa M. húmeda (g)				
Altura de la muestra(cm)				
Volumen del Anillo (cm3)				
Densidad de la muestra humeda (g/cm ³)				
Condiciones iniciales				
Humedad natural (%)				
Masa muestra seca Md (g)				
Densidad seca rd (g/cm ³)				
Parámetros del Ensayo				
Pesas en el brazo (kg)				
Carga total en la muestra (kg)				
Múltiplo (5 / 10)				
Esfuerzo Vertical (kPa)				
Velocidad desplazam. (mm/min)				

Def. Horizontal		Area (cm2)	Deformación Normal				Fuerza				Esfuerzo Cortante			
(%)	(mm)		(mm)				(N)				(kPa)			
0.00	0.00													
0.10	0.05													
0.20	0.10													
0.30	0.15													
0.40	0.20													
0.50	0.25													
0.60	0.30													
0.70	0.36													
0.80	0.41													
0.90	0.46													
1.00	0.51													
1.20	0.61													
1.40	0.71													
1.60	0.81													
1.80	0.91													
2.00	1.02													
2.50	1.27													
3.00	1.52													
3.50	1.78													
4.00	2.03													
4.50	2.29													
5.00	2.54													
5.50	2.79													
6.00	3.05													
6.50	3.30													
7.00	3.56													
7.50	3.81													
8.00	4.06													
8.50	4.32													
9.00	4.57													
9.50	4.83													
10.00	5.08													
11.00	5.59													
12.00	6.10													
13.00	6.60													
14.00	7.11													
15.00	7.62													
16.00	8.13													
17.00	8.64													
18.00	9.14													
19.00	9.65													
20.00	10.16													
21.00	10.67													
22.00	11.18													
23.00	11.68													
24.00	12.19													
25.00	12.70													
27.00	13.72													
29.00	14.73													
31.00	15.75													
33.00	16.76													
35.00	17.78													