



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

**TESIS:**

**“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN Y  
COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE  
EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO -  
CUSCO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**WILLIAM HUAMAN ROCA**  
Bachiller en Ingeniería Civil

**ASESOR TÉCNICO:**  
Mg. Ing. **ZANDRO PEÑALVA GALLEGOS**

**ASESOR METODOLÓGICO:**  
Dr. **EDWARDS JESÚS AGUIRRE ESPINOZA**

**CUSCO - PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mis amados padres Vicente y Trinidad, por el arduo trabajo que realizaron para sacar adelante a sus hijos, por la formación que me dieron, por lo que soy, por las ganas de superación que me inculcaron y por su amor incondicional.

A mis hermanos Eder, Jesús, Luis Gustavo y Judith por el apoyo constante, por estar pendientes de mi formación profesional, por su comprensión y paciencia.

A mis familiares, abuelos, tíos primos sobrinos que siempre estuvieron motivándome a seguir adelante.

Finalmente a mis amigos y docentes que me apoyaron en elaboración de este proyecto, por sus consejos y su amistad incondicional.

**EL AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis Padres, Vicente y Trinidad, a mis hermanos Eder, Jesús, Luis Gustavo y Judith, y todos mis familiares por darme todo su apoyo incondicional para terminar mis estudios y en especial la culminación de este proyecto.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas Filial Cusco, por haberme acogido en sus aulas y llenado de sabiduría.

Al Mg Ing. Eigner Román Villegas docente de la universidad, quien siempre estuvo dispuesto a compartir su amplio conocimiento y por su asesoramiento.

Al Ing David Beltran Godoy docente de la universidad, por el apoyo en la elaboración de este proyecto, por los consejos y su amistad.

A los docentes en general de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas Filial Cusco, por la enseñanza, experiencias compartidas y motivación por alcanzar el éxito.

A mis amigos por su amistad y compañía que hicieron que esta etapa de formación sea llevadera.

**EL AUTOR**

## RESUMEN

La presente investigación estuvo orientada a realizar el análisis de la variación del ángulo de fricción y cohesión en la resistencia al esfuerzo cortante con el ensayo corte directo en el laboratorio (ASTM D3080) y en campo con una sola muestra (ensayo experimental) en el suelo del centro poblado Alto Qosqo del distrito de San Sebastián.

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se realizaron calicatas, para los ensayos de caracterización y resistencia al corte directo en laboratorio (ASTM D3080) así mismo calicatas tipo trinchera para el ensayo de corte directo in situ con una sola muestra (experimental), de donde se obtuvieron parámetros de resistencia al esfuerzo cortante (ángulo de fricción, cohesión) propios tanto del laboratorio como del suelo del mismo centro poblado de Alto Qosqo del distrito de San Sebastián, provincia Cusco - región Cusco. Obteniéndose así un ángulo de fricción interna de  $26.81^\circ$  a diferencia de  $20.90^\circ$  obtenido en el laboratorio, mientras que la cohesión obtenida fue de  $1.02\text{kg/cm}^2$  a diferencia de  $1.13\text{kg/cm}^2$  del laboratorio, encontrándose una variación de  $5.91^\circ$  para el ángulo de fricción obtenida y  $0.11\text{kg/cm}^2$  para la cohesión, siendo las variaciones en porcentaje  $28.26\%$  y  $9.61\%$  respectivamente. Del cual se arriba a la conclusión de que los parámetros obtenidos en el ensayo de corte directo in situ con una sola muestra (experimental) no se alejan drásticamente de los obtenidos en el ensayo de corte directo en laboratorio asemejándose a las características propias del suelo en estudio y de esta manera puedan ser consideradas para los cálculos respectivos de fundaciones.

## ABSTRACT

The present investigation was oriented to perform the analysis of the variation of the angle of friction and cohesion in the shear resistance with the direct cut test in the laboratory (ASTM D3080) and in the field with a single sample (experimental test) in the soil from the Alto Qosqo town center of the San Sebastián district.

For the elaboration of the present research work, pits were made for the tests of characterization and resistance to the direct cut in the laboratory (ASTM D3080), as well as trench pits for the direct cutting test in situ with a single sample (experimental), from where parameters of resistance to shear stress (angle of friction, cohesion) were obtained, both from the laboratory and from the soil of the same town of Alto Qosqo in the district of San Sebastián, Cusco province - Cusco region. Obtaining thus an angle of internal friction of  $26.81^\circ$  as opposed to  $20.90^\circ$  obtained in the laboratory, while the obtained cohesion was of  $1.02\text{kg/cm}^2$  unlike  $1.13\text{kg/cm}^2$  of the laboratory, finding a variation of  $5.91^\circ$  for the angle of friction obtained and  $0.11\text{kg/cm}^2$  for the cohesion, being the variations in percentage 28.26% and 9.61% respectively. From which we conclude that the parameters obtained in the direct in situ test with a single sample (experimental) do not depart drastically from those obtained in the direct cut test in the laboratory, resembling the characteristics of the soil in study and in this way can be considered for the respective calculations of foundations.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.1.1. Delimitación de la Investigación .....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos .....	17
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.3.1. Objetivo General .....	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	18
1.4.1. Justificación Técnica .....	18
1.4.2. Justificación Social.....	18
1.4.3. Justificación por Viabilidad.....	19
1.4.4. Justificación por Relevancia.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.5.1. Limitaciones de Ubicación .....	19
1.5.2. Limitaciones de Pruebas .....	20
1.5.3. Limitaciones de Tiempo .....	20
1.5.4. Limitaciones Económicas.....	20

CAPITULO II:MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
2.1.1. En el Cusco .....	21
2.1.2. En el Perú .....	24
2.1.3. En el Mundo.....	25
2.2. BASES TEÓRICAS.....	28
2.2.1. Resistencia al Esfuerzo Cortante .....	28
2.2.2. Ensayo de Corte Directo en Laboratorio .....	29
2.2.3. Ensayo de Corte Directo en Campo.....	32
2.2.4. Angulo de Fricción Interno .....	34
2.2.5. Cohesión.....	35
2.2.6. Consistencia del Suelo.....	38
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	43
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
2.4.1. Hipótesis General .....	46
2.4.2. Hipótesis Secundarias .....	46
2.5. VARIABLES .....	47
2.5.1. Variable Independiente .....	47
2.5.2. Variable Dependiente.....	47
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	48
3.1.1. Tipo de Investigación .....	48
3.1.2. Nivel de Investigación .....	48
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	49
3.2.1. Diseño de Ingeniería .....	49
3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	50
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
3.4.1. Población .....	50
3.4.2. Muestra.....	50
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS ....	51
3.5.1. Técnicas de Tratamiento de los Datos .....	51
3.5.2. Instrumentos Metodológicos o de Recolección de Datos .....	51

3.5.2.1. Contenido de Humedad .....	52
3.5.2.2. Granulometría .....	53
3.5.2.3. Límites de Consistencia .....	54
3.5.2.4. Corte Directo en Laboratorio .....	55
3.5.2.5. Corte Directo en Campo .....	56
3.5.3 Instrumentos de Ingeniería.....	56
3.5.3.1. Balanza .....	56
3.5.3.2. Horno.....	57
3.5.3.3. Tamices .....	58
3.5.3.4. Equipo de Casagrande.....	58
3.5.3.5. Equipo de Corte Directo .....	59
3.5.3.6. Equipo de Corte Directo Experimental .....	59
3.5.4 Procesamiento de Recolección de Datos .....	60
3.5.4.1. Contenido de Humedad .....	60
3.5.4.2. Granulometría .....	62
3.5.4.3. Límites de Consistencia .....	64
3.5.4.4. Corte Directo en Laboratorio .....	67
3.5.4.5. Corte Directo en Campo .....	71
3.5.5 Procesamiento de Datos .....	78
3.5.5.1. Contenido de Humedad .....	78
3.5.5.2. Granulometría .....	79
3.5.5.3. Límites de Consistencia .....	80
3.5.5.4. Corte Directo en Laboratorio .....	81
3.5.5.5. Corte Directo en Campo .....	86
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	94
4.1. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE .....	94
4.1.1. Resultados de Resistencia a los Esfuerzos de Corte en Laboratorio. 94	
4.1.2. Resultados de Resistencia a los Esfuerzos de Corte en Campo con 03 muestras de 50cmx50cmx30cm .....	95
4.1.3. Resultados de Resistencia a los Esfuerzos de Corte en Campo con 01 muestras de 50cmx50cmx30cm .....	96

4.1.4. Comparación de Resultados del Ensayo Corte Directo.....	97
4.1.5. Comprobación de la Hipótesis .....	99
CONCLUSIONES .....	100
RECOMENDACIONES .....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
ANEXOS.....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de Muestras para Someterlas a ensayo .....	16
Tabla 2: Numero de muestras requeridas en laboratorio .....	50
Tabla 3: Numero de muestras requeridas en campo .....	51
Tabla 4: Formato - contenido de humedad .....	52
Tabla 5: Formato - granulometría .....	53
Tabla 6: Formato - Consistencia .....	54
Tabla 7: Formato - corte directo en laboratorio .....	55
Tabla 8: Formato - corte directo en campo .....	56
Tabla 9: Datos obtenidos del contenido de humedad .....	61
Tabla 10: Datos obtenidos para la granulometría .....	64
Tabla 11: Datos obtenidos para los límites de consistencia .....	67
Tabla 12: Datos obtenidos para el corte directo en laboratorio .....	69
Tabla 13: Datos obtenidos para una carga de 8kg .....	70
Tabla 14: Datos obtenidos para una carga de 12kg.....	71
Tabla 15: Datos obtenidos del ensayo de corte directo con 03 muestras en campo para una carga de 5000kg.....	75
Tabla 16: Datos obtenidos para una carga de 10000kg.....	75
Tabla 17: Datos obtenidos para una carga de 15000kg.....	76
Tabla 18: Datos obtenidos del ensayo de corte directo con una muestra .....	77
Tabla 19: Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad.....	78
Tabla 20: Procesamiento de datos de la granulometría .....	79
Tabla 21: Limites de consistencia .....	80
Tabla 22: Corte directo en laboratorio con una carga de 4kg.....	81
Tabla 23: Corte directo con una carga de 8kg .....	82
Tabla 24: Corte directo con una carga de 12kg .....	83
Tabla 25: Parámetros del ensayo de corte directo en laboratorio .....	86
Tabla 26: Corte directo en campo con una carga de 5000kg .....	86
Tabla 27: Corte directo con una carga de 10000kg .....	87
Tabla 28: Corte directo con una carga de 15000kg .....	87
Tabla 29: Parámetros obtenidos .....	89
Tabla 30: Corte directo con una sola muestra .....	90
Tabla 31: Resumen de esfuerzos aplicados .....	92
Tabla 32: Parámetros .....	93

Tabla 33: Resumen de los esfuerzos obtenidos en laboratorio mediante el ensayo de corte directo.....	94
Tabla 34: Parámetro obtenidos en laboratorio .....	94
Tabla 35: Resumen de los esfuerzos obtenidos en campo (in-situ) mediante el ensayo de Corte Directo .....	95
Tabla 36: Parámetro obtenidos con 03 muestras.....	95
Tabla 37: Esfuerzos aplicados.....	96
Tabla 38: Parámetros obtenidos con una sola muestra in situ .....	96
Tabla 39: Cuadro resumen de los resultados obtenidos .....	97
Tabla 40: Comparación del Angulo de fricción obtenido .....	97
Tabla 41: Comparación de la cohesión.....	97
Tabla 42: Comparación de los ángulos de fricción.....	98
Tabla 43: Comparación de la cohesión.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de un arreglo de prueba de corte directo .....	30
Figura 2: Equipo de prueba de corte directo .....	31
Figura 3: Gráfica del esfuerzo cortante y el cambio en la altura de la muestra frente al desplazamiento cortante para arena seca suelta y densa.....	32
Figura 4: Ensayo corte directo in situ .....	33
Figura 5: El ángulo de reposo coincide con el ángulo de fricción en una arena seca.....	35
Figura 6: Curva esfuerzo de corte-desplazamiento en un ensayo de Corte directo .....	36
Figura 7: Envoltentes de falla de las Resistencias Pico y Residual. ....	37
Figura 8: Diseño de ingeniería .....	49
Figura 9: Balanza digital .....	57
Figura 10: Horno Eléctrico .....	57
Figura 11: Juego de Tamices .....	58
Figura 12: Cuchara de Casagrande .....	58
Figura 13: Equipo de corte directo computarizado .....	59
Figura 14: Equipo de corte directo experimental.....	60
Figura 15: Pesado de Muestras .....	61
Figura 16: Pesado de muestra para la granulometría .....	62
Figura 17: Tamizado de la muestra .....	63
Figura 18: Cantidades retenidas en los distintos tamices .....	63
Figura 19: Muestras del ensayo de limite plástico.....	65
Figura 20: Pesado de muestras .....	65
Figura 21: Equipos para el ensayo de limite líquido .....	66
Figura 22: Ranurado de la muestra .....	66
Figura 23: Tallado de muestras .....	68
Figura 24: Colocado de carga en el equipo de corte directo .....	68
Figura 25: Muestras después de ensayo de corte directo .....	69
Figura 26: Montaje del equipo sobre el bloque moldeado in si-tu. ....	72
Figura 27: Medición de la deformación horizontal.....	73
Figura 28: Medición de los esfuerzos aplicados en el bloque .....	73
Figura 29: Superficie de falla debido al esfuerzo cortante.....	74

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Esfuerzo cortante vs deformación .....	84
Gráfico 2: Esfuerzo normal vs deformación .....	84
Gráfico 3: Deformación horizontal vs deformación vertical .....	85
Gráfico 4: Esfuerzo normal vs esfuerzo cortante .....	85
Gráfico 5: Esfuerzo cortante vs deformación .....	88
Gráfico 6: Esfuerzo normal vs deformación .....	88
Gráfico 7: Deformación horizontal vs deformación vertical .....	89
Gráfico 8: Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal .....	89
Gráfico 9: Esfuerzo cortante vs deformación .....	91
Gráfico 10: Esfuerzo normal vs deformación .....	91
Gráfico 11: Deformación horizontal vs deformación vertical.....	92
Gráfico 12: Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal .....	93

## INTRODUCCIÓN

En la Escuela Profesional de Ingeniería Civil se tiene varios campos de estudio, una de ellas es la Geotecnia, en este campo como en los otros de la ingeniería el desarrollo de nuevas formas, nuevas técnicas y nuevos planteamientos que son muy ventajosos e importantes para el desarrollo de la Ingeniería Civil.

Es por tal motivo que se presenta la tesis de investigación titulada: **“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO”**, tiene como objetivo analizar y comparar la relación de los parámetros obtenidos en el ensayo de corte directo tanto en laboratorio como en campo a través de un ensayo experimental con una sola muestra sometido a esfuerzos de corte, encontrándose así una relación existente entre estas.

Además con la presente investigación se pretende fomentar el estudio en esta área de la ingeniería ya que en gran parte de nuestra ciudad no se opta por realizar ensayos de mecánica de suelos, debido al desconocimiento o por el costo que representa para su realización.

La estructura que se ha seguido en esta investigación se compone de cuatro capítulos que se señala:

El primer capítulo comprende el planteamiento del estudio, el segundo desarrollo del marco teórico, el tercero capítulo la metodología de investigación, finalmente el cuarto capítulo corresponde a los resultados y discusión, para el desarrollo de la tesis se seguirá lo señalado y la conclusión, recomendaciones, las referencias bibliográficas y anexos. Esperemos que la presente Tesis cumpla con las exigencias del jurado de la facultad de ingeniería Civil.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

“La ingeniería continuara siempre transformando y mejorando a la sociedad”. (Slim, 2017)

La Ingeniería Civil tiene varios campos de estudio, una de ellas es la Geotecnia, en este campo como en los otros de la ingeniería el desarrollo de nuevas formas, nuevas técnicas y nuevos planteamientos son muy ventajosos e importantes para el desarrollo de la Ingeniería Civil.

El presente tema de investigación surge con la motivación de alcanzar una forma de lograr que los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante obtenidos mediante el ensayo de corte directo; como son la cohesión y el ángulo de fricción interna de un determinado suelo en el campo utilizando una sola muestra en lugar de tres como es la costumbre y así obtener una relación comparativa con los parámetros obtenidos en laboratorio, pienso que este método tiene muchas ventajas entre ellas, rapidez en lograr los resultados del ensayo, ahorro económico, entre otros aspectos. La idea de esta tesis también es comprobar si los resultados obtenidos son confiables para realizar nuestros diseños con seguridad. Todo esto enmarcado en las normas y reglamentos concernientes al estudio de suelos vigentes.

La tesis de investigación se apoyara en los ensayos de laboratorio como son: el contenido de humedad natural, la granulometría del suelo, los límites de consistencia (límite líquido y límite plástico), la clasificación del tipo de suelo y el ensayo de corte directo, esto con el fin de determinar la comparación de los parámetros obtenidos en campo.

En conclusión, con este trabajo se pretende técnicamente comparar los parámetros obtenidos con el ensayo de corte directo normalizado y el ensayo de corte directo con una muestra de suelo en campo con el equipo experimental sin necesidad de practicar el ensayo de corte directo en el laboratorio.

### 1.1.1. Delimitación de la Investigación

#### a. Espacial

Muestras de suelo extraídas del centro poblado de “Alto Qosqo” del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.

#### b. Temporal

La presente investigación se realizó en el año 2018.

#### Cuantitativa

08 muestras para someterlas a ensayos.

#### Muestras de suelo.

**Tabla 1: Número de Muestras para Someterlas a ensayo**

NÚMERO DE MUESTRAS PARA SOMETERLAS A ENSAYO			
NÚMERO	NOMBRE DEL ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	N° DE ENSAYOS
1	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN: CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL LÍMITE PLÁSTICO LÍMITE LÍQUIDO GRANULOMETRÍA CLASIFICACIÓN DE SUELOS	MUESTRA ALTERADA	1
2	ENSAYOS DE CORTE DIRECTO EN LABORATORIO	MUESTRA INALTERADA	3
3	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CAMPO	MUESTRA INALTERADA	3
4	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CAMPO	MUESTRA INALTERADA	1
TOTAL			8

Fuente: Elaboración propia

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿En qué medida varían el ángulo de fricción interna y la cohesión, en la resistencia a los esfuerzos de corte in situ (experimental) con una sola muestra con los obtenidos en laboratorio, realizadas con el suelo del Centro Poblado de Alto Qosqo?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿En qué medida varía el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco?
- ¿En qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Objetivo General**

Analizar la variación del ángulo de fricción interna y la cohesión, en la resistencia a los esfuerzos de corte in situ (experimental) con una sola muestra, con los obtenidos en laboratorio, realizada con el suelo del Centro Poblado de Alto Qosqo.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Establecer en qué medida varía el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra, con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del centro poblado Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.

- Establecer en qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra, con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La presente tesis de investigación es justificada por obtener un resultado verídico y confiable que se pueda utilizar para el diseño con prontitud.

Además es importante:

- Porque es una alternativa de investigación para mejorar los procedimientos de laboratorio y en campo.
- Porque motiva a seguir ampliando la investigación de este tipo de ensayos en la rama de la geotecnia.
- Es generador de nuevos temas de investigaciones.

##### **1.4.1. Justificación Técnica**

La importancia del estudio de la mecánica de suelos viene dada por los resultados verdaderos obtenidos de pruebas bien elaboradas, a través del tiempo se ha tratado de encontrar y mejorar métodos que permitan obtener resultados certeros del tipo de suelo en estudio. Con la presente investigación se busca mejorar y obtener resultados, confiables, rápidos y económicos como son los parámetros de la resistencia a los esfuerzos cortantes del suelo y que permitan realizar un buen diseño ya sea de una cimentación o la estabilidad de un talud.

##### **1.4.2. Justificación Social**

En la ciudad del Cusco se proyectan obras de edificaciones las cuales no cuentan con un estudio de suelos adecuado o simplemente no los realizan, para poder garantizar la estabilidad de una edificación según las exigencias de las municipalidades, para esto el ingeniero proyectista tiene que tener la seguridad de que los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y de campo son reales y

fidedignos, esto beneficia a los ciudadanos ya que garantiza que su edificación sea estable y segura frente a eventos externos como son los sismos. Esta tesis busca incentivar y promover a que los pobladores de la ciudad del Cusco así como sus profesionales construir con resultados confiables obtenidos en laboratorio e In-situ y así garantizar la permanencia de su edificación.

#### **1.4.3. Justificación por Viabilidad**

La tesis de investigación efectuada es viable ya que se tiene al alcance un área disponible en el centro poblado de Alto Qosqo del distrito de San Sebastián para la realización de los ensayos y toma de muestras, el laboratorio donde se realizó los ensayos y el equipo necesario para las pruebas de corte directo experimental en campo, también se tiene conocimientos sobre el ensayo de corte directo , libros, tesis, consultas a docentes de la Universidad Alas Peruanas, consultas al asesor y se cuenta con los medios económicos para realizar esta tesis.

#### **1.4.4. Justificación por Relevancia**

La investigación es importante porque se pretende beneficiar a la mayor cantidad de personas de la zona rural, constructores y dueños de la vivienda de albañilería, en adobe y concreto armado que se quiere proyectar, en general se quiere mejorar la calidad de las edificaciones a través de un correcto estudio de suelos y geotecnia. Mejorar el ensayo de corte directo en el campo.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1. Limitaciones de Ubicación**

Esta investigación fue realizada en el centro poblado De Alto Qosqo del distrito de San Sebastián de la provincia y región Cusco. El estudio que se aplicó fue el de corte directo y solo es aplicable en dicho centro poblado.

### **1.5.2. Limitaciones de Pruebas**

La toma de muestras para los ensayos de caracterización y de corte directo en laboratorio se tomó de una calicata según lo dispuesto en la NTP 339.162.

Las pruebas de corte directo en campo se realizaron a una profundidad de 1.00 metro con respecto al nivel de suelo natural.

### **1.5.3. Limitaciones de Tiempo**

El investigador cuenta con tiempo según la duración de la investigación.

### **1.5.4. Limitaciones Económicas**

El ámbito de la tesis se restringió al financiamiento propio del investigador.

## **CAPITULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. En el Cusco**

Cardenas Alcarraz, Edgar Junior; presento la tesis: **“EVALUACIÓN DEL MEJORAMIENTO DE SUELOS CON COLUMNAS DE GRAVA POR MEDIO DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN SITU EXPERIMENTAL, EN EL SECTOR DE LA ASOCIACIÓN VALLESITO PILLAO MATAO, URB. MIRAFLORES, LOTE H-7, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, CUSCO”**. Universidad Alas Peruanas, Cusco 2017. La cual tuvo como propósito Determinar en qué medida la utilización de columnas de grava en el suelo, del sector de ASOCIACIÓN VALLECITO PILLAO URB. MIRAFLORES, LOTE H-7, SAN JERÓNIMO, mejora las propiedades mecánicas (cohesión, ángulo de fricción interna y capacidad de carga admisible), siendo un estudio de tipo aplicada, el cual intenta resolver un problema práctico y además hace uso de conocimiento existente actual que hizo uso del diseño causal - multivariado, porque se busca determinar o establecer el porqué de un fenómeno(Mejoramiento de suelos) explicando este mediante otro fenómeno(Inyección de columna de grava); siendo el resultado del incremento de la capacidad de carga admisible, ángulo de fricción interna y la cohesión; del cual se observa a la conclusión de que la incorporación de columnas de grava probadas mediante el

ensayo de corte directo in situ mejora las propiedades mecánicas (cohesión, ángulo de fricción) y la capacidad de carga admisible. Llegando a las siguientes conclusiones: (Cardenas Alcarraz, 2017)

1. La utilización de columnas de grava de 1/2" de la cantera de Huambutio, en el terreno de la Urb. Miraflores, Lote H-7, de la APV. Vallecito de Pillao Matao, Distrito de San Jerónimo, Provincia de Cusco; mejora las características mecánicas (parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante) del suelo utilizado.

2. El ensayo de corte directo in situ es más real que el ensayo de corte directo de laboratorio por que la muestra sometida a rotura es menos perturbada en el campo.

Chillihuani Virgilio presento la tesis :**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE CORTE DIRECTO PARA SUELOS GRAVOSOS Y SU APLICACIÓN EN SUELOS TÍPICOS DE CUSCO”**, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, Cusco 2017. El tema desarrollado en el trabajo de investigación está referido al diseño, construcción e implementación de un equipo de corte directo a gran escala en el laboratorio con 30 cm de diámetro y 25 cm de altura, para la cuantificación de los parámetros de resistencia cortante de los suelos gravosos. El diseño del equipo y la ejecución de los ensayos fueron establecidos teniendo como referencia la norma ASTM D3080. (Chilliani Chillihuani, 2017)

La evaluación de los parámetros de resistencia de los suelos gravosos ensayados con el equipo de corte directo a gran escala se efectuó mediante el criterio propuesto por coulomb (1776). Este equipo a diferencia del equipo convencional permite ensayar suelos gravosos con partículas de tamaño máximo 38.1 mm, conformados en distintos estados de compactación.

Los instrumentos usados en este equipo fueron calibrados en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil, esto con la finalidad de reducir los efectos externos que puedan influir en los resultados de los ensayos.

En el programa de investigación se ensayó cuatros tipos de suelos gravosos, que según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) fueron clasificados como: grava mal graduada (GP) procedente de la cantera de Tipón, grava limosa (GM) procedente de la cantera de Larapa, grava bien graduada (GW) procedente de la cantera de Huambutio y grava bien graduada (GW) dela cantera de Collana.

Todos los ensayos fueron realizados usando una velocidad de corte de 2 mm/min. La secuencia del esfuerzo vertical aplicado a cada muestra fue de 0.5, 1.00 y 2.00 kg/cm<sup>2</sup>.

La medición del esfuerzo tangencial, las deformaciones horizontal y vertical fueron registrados usando el programa “ANÁLISIS DE GRAVA” que permite registrar los datos y mostrar el comportamiento de los especímenes sometidos a corte mediante gráficos en tiempo real.

Los datos obtenidos se presentan mediante tablas y gráficos. Estos resultados demuestran que una de las principales variables que controlan la variación de la resistencia cortante es la densidad del material conformado, sin embargo, también existe otras variables que posiblemente influyen en la variación del ángulo de fricción del suelo gravoso, tales como la calidad de las gravas presentes en la muestra, rotura y fragilidad de las partículas, forma redondeada o angulosa de las partículas, tipo de gradación del suelo gravoso, rigidez de la muestra conformada, entre otros.

La cohesión aparente varía en el intervalo de 0.20 a 0.66 kg/cm<sup>2</sup> en las cuatro muestras ensayadas, mientras que el ángulo de fricción interna varia en un intervalo de 35.2° a 52.4° para las cuatro muestras ensayadas. En estados de compacidad relativa muy suelto, medio y muy denso.

Finalmente apoyándose en la base de datos generados por diferentes investigadores en el mundo para este tipo de materiales, se concluye que los parámetros de resistencia cortante de los suelos gravosos, obtenidos con el equipo diseñado e implementado, son confiables.

### 2.1.2. En el Perú

Gonzales Hijar Luis Serafin; presento el trabajo de investigación: **“ESTIMACIÓN DE LOS VALORES DE LA COHESIÓN Y FRICCIÓN DEL MACIZO ROCOSO DE BAJA RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO IN-SITU”**. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima 2012. El tema desarrollado en el trabajo de investigación, está referido a la estimación de los parámetros de cohesión y fricción a partir de ensayos de corte directo in-situ en un macizo rocoso de baja resistencia (Serafin, 2012).

En la evaluación realizada, se ha considerado un macizo rocoso de naturaleza pétreo pseudometamórfica del tipo Lutita pizarrosa, altamente fracturada, con una distancia tan próxima entre las discontinuidades, que los planos de debilidad dividen al conjunto en elementos interconectados entre sí por dichas discontinuidades las cuales en forma predominante favorecen la rotura, siendo lo más razonable suponer que se tratara realmente de un suelo en este caso del tipo grava angulosa semicompacta, por lo que se utiliza los índices de calidad que se puedan asegurar al macizo rocoso y valorar la resistencia del conjunto en base a los criterios de Mohr - Coulumb. En general se puede decir que el conjunto se ha analizado como si se tratase de un medio homogéneo.

La obtención de la estimación de los parámetros de cohesión y fricción se realizó mediante ensayos de corte directo in-situ, que consistieron en medir la resistencia al corte de un macizo rocoso de mala calidad en superficie, mediante el tallado de nueve especímenes (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9) de muestra-bloque de roca de tipo Lutita pizarrosa, realizándose en total 3 ensayos de corte directo in-situ.

El resultado se presentó en un gráfico esfuerzo tangencial – esfuerzo normal,  $\sigma_T$ – en el que los resultados de cada muestra ensayada representan un punto; uniendo los 3 puntos obtenidos se dibuja la recta que define la cohesión y el ángulo de fricción de los macizos ensayados; según los criterios de falla de Mohr-Coulumb.

La investigación in-situ realizada nos permitirá llenar un vacío, en el diseño de construcciones en macizos rocosos de baja resistencia, a la fecha no se tienen datos de los parámetros referidos, es importante recalcar que este es el inicio de investigaciones de este tipo que condiciona a que otros profesionales incrementen y/o modifiquen lo realizado. Arribándose a las siguientes conclusiones:

1. Los Ensayos de corte directo in-situ corresponden a 3 especímenes de bloque de roca, para cada espécimen el ensayo se realiza en dos partes, en la primera parte se aplica una carga normal sobre el bloque tallado, controlándose los desplazamientos producidos, esta carga permanece constante a lo largo del ensayo, en la segunda parte se aplica la carga tangencial hasta alcanzar la rotura del bloque, midiendo la magnitud de la carga y los desplazamientos tangenciales y normales.
2. La condición del macizo rocoso es equivalente a Pobre (P) son superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos.

El macizo rocosos evaluado corresponde a una roca de naturaleza pétreo pseudometamorfizada del tipo lutita pizarrosa es un material que se encuentra intensamente fracturada, con una distancia próxima entre las discontinuidades, que los planos de debilidad dividen al conjunto en elementos interconectados entre sí, por dichas discontinuidades, los cuales en forma predominante favorecen a la rotura, por lo que se le puede considerar en forma equivalente a un suelo tipo grava angulosa semicompacta.

### **2.1.3. En el Mundo.**

Ugalde Herra, Jose Luis; presento la tesis: **“IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DE ETAPAS MÚLTIPLES EN EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO”**. Universidad De Costa Rica, diciembre 2006. En el campo de la geotecnia, como en cualquier otra área, el estudio y desarrollo de técnicas novedosas y con planteamientos ventajosos siempre será de gran importancia. Es por ello, que surge el motivo de este proyecto, EN EL CUAL SE CONTRIBUYE con el estudio de la

técnica de etapas múltiples en el ensayo de corte directo y a la vez, se inicia con el empleo del nuevo equipo de corte directo del laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales (LANAMME) de la escuela de ingeniería civil de la universidad de costa rica (UCR).

Primero se evaluó el estado operacional del aparato de corte directo, se analizó el nivel de exactitud de los deformamientos originales del equipo, se determinó la constante de calibración para el anillo de carga y se estimuló la variación de la velocidad real entregada por el por el aparato de corte directo con relación a la velocidad mostrada en el panel de control. Para el estudio de la técnica de etapas múltiples, se tomaron como base de comparación los resultados obtenidos con la manera convencional de realizar los ensayos de corte directo, se tomó como descripción base para esta técnica convencional la norma ASTM D3080. El estudio comprendió la realización de pruebas en tres tipos de suelo, un limo de baja compresibilidad, una arcilla de alta plasticidad (cohesivos) y una arena de río bien graduada (no cohesivos). En todos los materiales estudiados se obtuvieron cinco resultados de los parámetros de resistencia del suelo (ángulo de fricción y cohesión) por cada técnica. En la arcilla se desarrollaron ensayos consolidados-no drenados (ensayos tipo CU), para el caso de la arena y por primera vez en un suelo limoso, se realizaron ensayos de corte directo consolidados-drenados (ensayos tipo CD). Esto da una idea del rango de velocidades en las que fue empleada el nuevo equipo de corte directo, las cuales fueron desde 0,06000 mm/min (ensayos CD en limo) hasta 0,50000 mm/min (ensayos CU en arcilla y CD en arena). Esto determina que es posible emplear en nuevo equipo de corte directo del LANAMME en cualquier rango de velocidad.

De la evaluación del equipo de corte, se descartaron los deformímetros originales, pues no se encontraban en buenas condiciones. Ambos deformímetros fueron reemplazados por deformímetros digitales calibrados por un laboratorio especializado en la calibración de estos equipos. Tanto, el anillo de carga como el

motor del equipo corte se encontraban en perfectas condiciones, el equipo de corte reporto una variación de la velocidad entregada con relación a la velocidad introducida en el panel de control de -1%, lo cual cumple con la norma ASTM D3080-04, donde se limita esta diferencia a no mayor de un 5% de variación. Si fue posible la obtención de resultados, mediante el empleo del nuevo equipo de corte directo usando la técnica de tapas múltiples y la convencional. De los resultados obtenidos se concluye que, en ensayos tipo CD, la cohesión obtenida mediante la técnica convencional es aproximadamente 0.10 veces la cohesión obtenida con la técnica en etapas. El ángulo de fricción obtenido mediante la técnica convencional es aproximadamente 1,3 veces el de la técnica en etapas. Para ensayos tipo CU se obtuvo que la cohesión de la técnica convencional es aproximadamente 0.73 veces la de etapas múltiple. Mientras que el ángulo obtenido mediante la técnica convencional es aproximadamente 1.45 veces el de etapas. De donde concluyo:

1. Mediante el empleo del nuevo equipo de corte directo del laboratorio nacional de material y modelos estructurales, MD-003, es posible la realización, tanto de ensayos de corte directo en etapas múltiples como con la técnica convencional. Con este nuevo equipo se establecieron los parámetros de resistencia de suelos cohesivos y granulares. Lo que significa, que el nuevo equipo de corte directo no plantea ninguna limitante en cuanto al tipo de suelo que se tenga que analizar mediante ensayos de corte directo.
2. Para la determinación de los parámetros de resistencia mediante la técnica de las etapas múltiples fue necesario el empleo de una muestra de suelo; mientras que con la técnica convencional, se necesitaron tres muestras. Así se comprueba la ventaja de la técnica en etapas, de utilizar un menor número de muestras para la obtención de resultados. Esta ventaja también tiene su efecto en el factor económico de la prueba, pues al necesitar una solo

muestra para la obtención de resultados, se reduce su costo económico al reducirse a un solo corte y no a tres como lo requiere la técnica convencional. También se debe mencionar que el menor número de muestras necesarias implica una disminución importante del tiempo necesario para la obtención de resultados.

3. Con la realización de este trabajo y el empleo del nuevo equipo de corte directo fue posible realizar por primera vez ensayos de corte directo consolidados – drenados (ensayos tipo CD) en suelos finos, especialmente limos de baja compresibilidad.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Resistencia al Esfuerzo Cortante

La resistencia cortante de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Los ingenieros deben entender la naturaleza de la resistencia cortante para analizar los problemas de la estabilidad del suelo, tales como capacidad de carga, estabilidad de taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras. (Das, 1985, pág. 207)

Los suelos, como cualquier material, bajo ciertas sollicitaciones, se comportarán como materiales elásticos, pero en muchas veces tendrá deformaciones mayores de las normales, por lo que será un factor predominante el considerar la plasticidad del suelo.

El suelo puede presentar diversos tipos de fallas tales como: disgregamiento, deslizamiento en líneas de rotura o fluencia plástica. La resistencia al esfuerzo cortante está representada por la ecuación de Coulomb.

$$T = c + \sigma \tan \phi$$

En la que:

$T$  = Resistencia al corte del suelo.

$C$  = Cohesión del suelo.

$\sigma$  = Esfuerzo normal intergranular.

$\phi$  = Ángulo de fricción interna del suelo, el cual se supone que es constante.

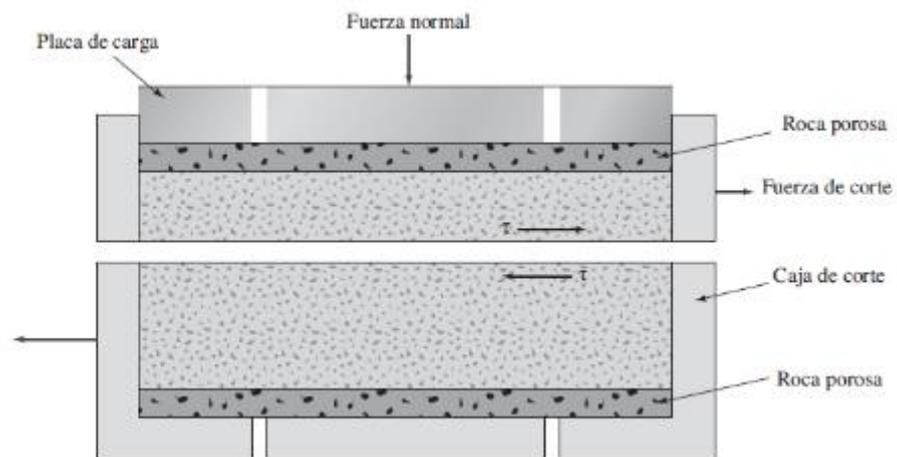
La cohesión puede ser definida como la adherencia entre las partículas del suelo debida a la atracción entre ellas, producidas por sus fuerzas intergranulares.

El ángulo de fricción interna es función de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y la forma de los granos y de la presión normal. (Arburto & Rodriguez, 2012)

### **2.2.2. Ensayo de Corte Directo en Laboratorio**

Ésta es la forma más antigua y simple de arreglo de prueba de corte. En la figura 1 se muestra un diagrama del aparato de prueba de corte directo. El equipo de prueba consiste en una caja de corte de metal en la que se coloca la muestra de suelo. Las muestras de suelo pueden ser cuadradas o circulares. El tamaño de las muestras utilizadas generalmente es alrededor de 20 a 25 cm<sup>2</sup> de sección transversal y de 25 a 30 mm de altura. La caja se divide horizontalmente en dos mitades. La fuerza normal sobre la muestra se aplica desde la parte superior de la caja de corte. El esfuerzo normal sobre las muestras puede ser tan grande como 1000 kN/m<sup>2</sup>. La fuerza cortante se aplica moviendo una mitad de la caja con respecto a la otra para provocar una falla en la muestra de suelo.

**Figura 1: Diagrama de un arreglo de prueba de corte directo**



Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

Dependiendo del equipo, la prueba de corte puede ser de esfuerzo controlado o deformación controlada. En las pruebas de esfuerzo controlado, la fuerza de corte es aplicada en incrementos iguales hasta que la muestra falla y ésta ocurre a lo largo del plano de división de la caja de corte. Después de la aplicación de cada carga incremental, el desplazamiento cortante de la mitad superior de la caja se mide con un indicador horizontal. El cambio en la altura de la muestra (y por lo tanto el cambio de volumen) durante la prueba se puede obtener a partir de las lecturas de un indicador que mide el movimiento vertical de la placa superior de carga.

En las pruebas de deformación controlada, por medio de un motor que actúa a través de engranajes se aplica una velocidad constante de desplazamiento de cizalladura a una mitad de la caja. La constante de velocidad de desplazamiento de corte se mide mediante un indicador de cuadrante horizontal. La fuerza de resistencia cortante del suelo correspondiente a cualquier desplazamiento de cizalladura se puede medir por un anillo de prueba horizontal o celda de carga. El cambio de volumen de la muestra durante la prueba se obtiene de una manera similar a las pruebas de esfuerzo controlado. La figura 2 es una fotografía del equipo de prueba de corte directo de deformación controlada.

**Figura 2: Equipo de prueba de corte directo**



Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

La ventaja de las pruebas de deformación controlada es que, en el caso de la arena densa, la resistencia máxima al corte (es decir, a la falla), así como la resistencia mínima al corte (esto es, en un punto después de la falla, denominado resistencia última) se pueden observar y graficar. En las pruebas de esfuerzo controlado sólo la resistencia máxima al corte puede ser observada y graficada. Tenga en cuenta que la resistencia máxima al esfuerzo cortante en las pruebas de esfuerzo controlado sólo puede ser aproximada. Esto es debido a que la falla se produce a un nivel de esfuerzo en algún lugar entre el incremento de carga de pre-falla y el incremento de la carga de falla. Sin embargo, las pruebas de esfuerzo controlado probablemente simulan situaciones reales de campo mejor que las pruebas de deformación controlada.

Para una prueba determinada en suelo seco, el esfuerzo normal se puede calcular como:

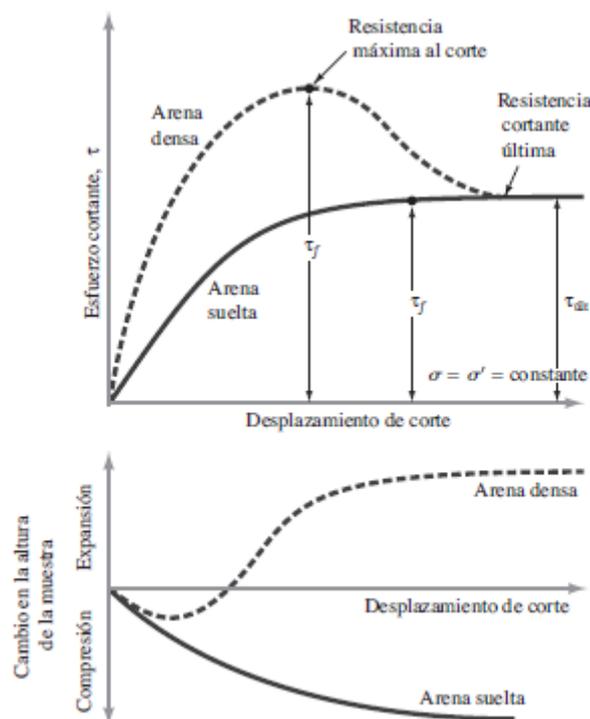
$$\sigma = \text{Esfuerzo normal} = \frac{\text{Fuerza normal}}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

La resistencia al esfuerzo cortante para cualquier desplazamiento de cizalladura se puede calcular como:

$$\tau = \text{Esfuerzo cortante} = \frac{\text{Resistencia al esfuerzo de corte}}{\text{Área de la sección transversal de la muestra}}$$

La figura 3 muestra una gráfica típica del esfuerzo de corte y el cambio en la altura de la muestra contra el desplazamiento cortante de arenas sueltas y densas. Estas observaciones se obtuvieron a partir de una prueba de deformación controlada. Las siguientes generalizaciones se pueden hacer a partir de la figura 3 en relación con la variación de la resistencia al esfuerzo cortante con desplazamiento cortante:

**Figura 3: Gráfica del esfuerzo cortante y el cambio en la altura de la muestra frente al desplazamiento cortante para arena seca suelta y densa.**



Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

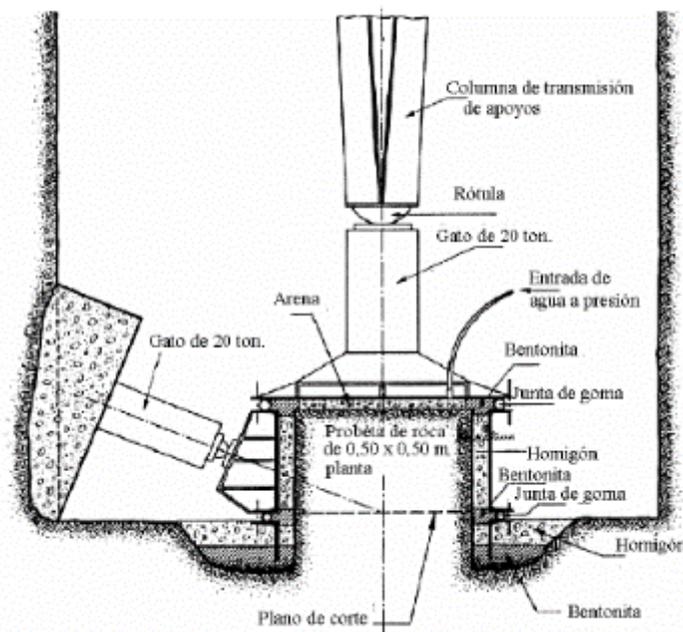
### 2.2.3. Ensayo de Corte Directo en Campo

Estos ensayos son análogos a los de corte en laboratorio y su aplicación hoy se extiende tanto en suelos como en rocas. Básicamente consisten en tallar bloque generalmente dentro de calicatas de reconocimiento, en su base o paredes, lo que induce el

plano de falla del bloque figura 4. Este tipo de ensayo es de interés en todos aquellos casos en que la toma de muestras o el tallado de estas sea difícil, como sucede en suelos con proporción importante de piedras, o en suelos residuales, en los que existe con frecuencia trozos de rocas semi - descompuestas.

Este bloque se rodea con un marco metálico, el cual se une al bloque con un mortero de cemento. El gato hidráulico que aplicara la fuerza horizontal, por lo general, se ancla a las paredes del pozo con hormigón. La presión vertical también es aplicada con un gato hidráulico.

**Figura 4: Ensayo corte directo in situ**



Fuente: Jiménez Salas J. y Justo Alpañes, vol. 2.

Se deben medir los movimientos de las cuatro esquinas de la cara superior del bloque en dirección vertical como horizontal. Las cargas generalmente se miden con un anillo diamométrico o mediante células de presión y se aplican en forma similar al ensayo de corte directo convencional, es decir, primero la fuerza vertical de confinamiento y luego la fuerza horizontal, que provoca el esfuerzo cortante.

Las dimensiones del bloque oscilan entre 40x40cm y 100x100cm. Aunque se han ensayado muestras de hasta 400x400cm. Una variante del ensayo de corte típico, es el ensayo con saturación previa empleado usualmente en obras hidráulicas. Para esto se aplica agua a presión que disuelve el aire incluido en el bloque. En arcillas fisuradas se realiza el ensayo de corte directo in situ sin drenaje con el objetivo de ensayar bloque de tamaño adecuado, aplicando una carga normal a la muestra (aunque este saturada) para cerrar las fisuras. En este tipo de suelos se ha visto que la resistencia en planos horizontales es menor a la obtenida en muestras de menor tamaño en laboratorio, siendo la diferencia de tamaño la causa principal, lo que se interpreta como que las muestras pequeñas vienen de trozos intactos no afectados por las fisuras, por lo tanto presentan una mayor resistencia. (Jimenez Salas & Justo Alpañes , 1981)

#### **2.2.4. Angulo de Fricción Interno**

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física:

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \text{Tan} (\Phi)$$

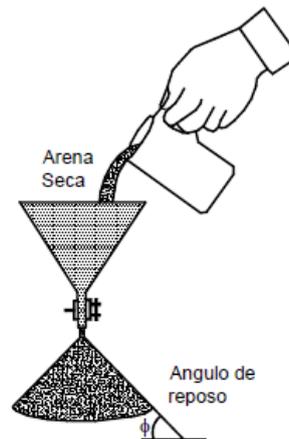
El ángulo de fricción en suelos granulares secos coincide con el ángulo de reposo (figura 5). Todos los suelos poseen fricción. Sin embargo, a los suelos arcillosos con fricción muy baja o despreciable, se les denomina suelos cohesivos:  $\Phi = 0$ .

El ángulo de fricción ( $\Phi$ ) depende de una gran cantidad de factores; algunos de los más importantes son:

- Tipo de mineral constitutivo de las partículas.
- Tamaño de los granos o partículas. A mayor tamaño de partículas, mayor es  $\Phi$ .
- Forma de los granos o partículas.  $\Phi$  es mayor para partículas angulosas.
- Distribución de los tamaños de granos o partículas. En los suelos bien gradados,  $\Phi$  es mayor que en los suelos uniformes.

- Fábrica o microestructura (organización de las partículas).
- Densidad.
- Permeabilidad (Facilidad de drenaje).
- Presión normal o de confinamiento.
- Presión de pre consolidación.

**Figura 5: El ángulo de reposo coincide con el ángulo de fricción en una arena seca.**



Fuente: Análisis Geotécnico, Jaime Suarez

El ángulo de fricción es el resultado de la combinación de todos los factores. Por ejemplo, el ángulo de fricción es mayor al aumentar la densidad, pero si las presiones normales son muy altas, el ángulo de fricción tiende a disminuir. En arcillas, el ángulo de fricción depende de las condiciones de pre consolidación. (Suarez, 2009)

### 2.2.5. Cohesión

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en la mecánica de suelos, es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación entre las partículas, mientras que en la física, este término se utiliza para representar la resistencia a la tensión.

En los suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia,

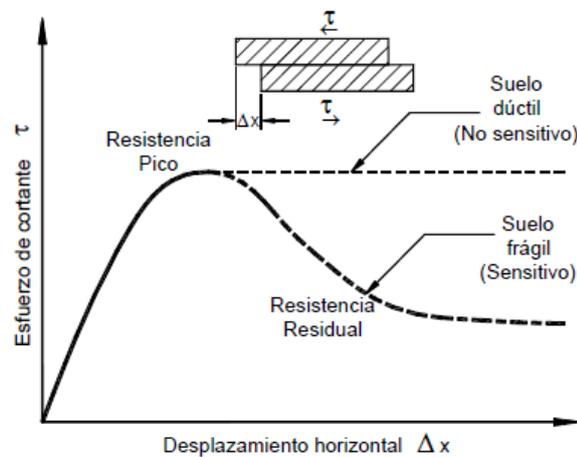
la cohesión se supone igual a cero y a estos suelos se les denomina suelos friccionantes o “no cohesivos” ( $C = 0$ ).

En los suelos no saturados, la tensión debida a la succión del agua en los poros, produce un fenómeno de adherencia entre partículas por presión negativa o fuerzas capilares. Esta cohesión “aparente” desaparece con la saturación. (Suarez, 2009)

### Resistencias Pico y Residual

Desde el punto de vista de la relación esfuerzo – deformación, en la estabilidad de taludes se debe tener en cuenta dos tipos de resistencia: resistencia pico y resistencia residual.

**Figura 6: Curva esfuerzo de corte-desplazamiento en un ensayo de Corte directo**



Fuente: Duncan y Wright, 2005

**Resistencia máxima o resistencia pico.** Es la máxima resistencia al corte que posee el material, el cual no ha sido fallado previamente y corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo - deformación (Figura 6).

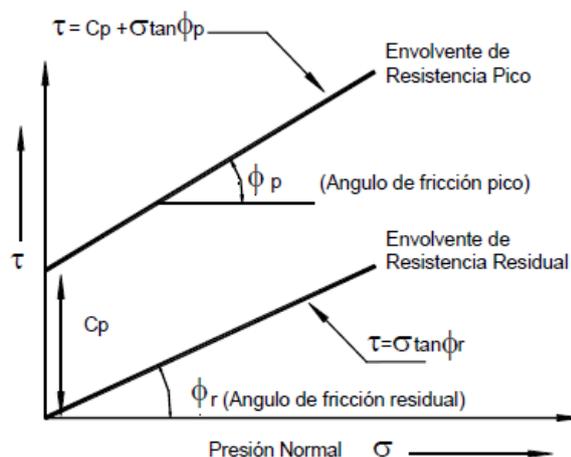
La modelación de la resistencia pico en el análisis de la estabilidad, asume que la resistencia pico se obtiene simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla; sin embargo, algunos puntos en la superficie de falla han alcanzado deformaciones mayores que otros (en un fenómeno de falla progresiva) y asumir que la resistencia pico

actúa simultáneamente en toda la superficie de falla puede producir errores en el análisis. (Suarez, 2009)

**Resistencia residual.** Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla. Skempton (1964) observó que en arcillas sobre consolidadas, la resistencia calculada en el análisis de deslizamientos después de ocurridos, correspondía al valor de la resistencia residual y recomendó utilizar para el cálculo de factores de seguridad, los valores de los parámetros obtenidos para la resistencia residual  $\phi_r$  y  $C_r$ . (Suarez, 2009)

La resistencia residual en los suelos cohesivos se debe tener en cuenta cuando existe una superficie previa de corte donde han ocurrido desplazamientos en el pasado y en suelos licuables, expuestos a sismos de gran magnitud.

**Figura 7: Envoltentes de falla de las Resistencias Pico y Residual.**



Fuente: Análisis Geotécnico, Jaime Suarez

En los suelos dúctiles, la resistencia pico tiende a ser muy similar a la resistencia residual. En los suelos frágiles al producirse la falla, la disminución de la resistencia pico a la residual, es significativa. La diferencia entre la resistencia pico y la residual es un indicativo de la fragilidad de los materiales (figura 6).

Otro factor que determina las diferencias entre la resistencia pico y la residual, es la "sensitividad", la cual está relacionada con la pérdida

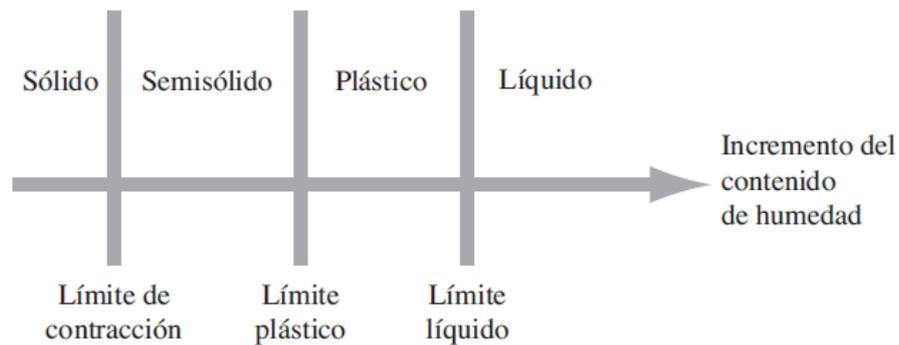
de resistencia por el remoldeo o la reorientación de las partículas de arcilla.

La pérdida de resistencia en el momento de la falla al cortante, está relacionada principalmente con una disminución de la cohesión. El ángulo de fricción, aunque disminuye, no es afectado en forma substancial. Como se observa en la figura 7 el ángulo de fricción pico ( $\Phi_p$ ) es muy similar al ángulo de fricción residual ( $\Phi_r$ ). (Suarez, 2009)

#### **2.2.6. Consistencia del Suelo**

*Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición 2013 (Das B., 2013)*

Cuando los minerales de arcilla están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone. Esta naturaleza cohesiva se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. En 1900, un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la figura.

**Figura 8: Límites de Atterberg**

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

El contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Estos límites son también conocidos como límites de Atterberg.

### **LIMITE LÍQUIDO (LL)**

En la figura 9a se muestra el diagrama esquemático (vista lateral) de un dispositivo de límite líquido. Este dispositivo consiste en una copa de latón y una base de goma dura. La copa de latón se puede soltar sobre la base por una leva operada por una manivela. Para la prueba de límite líquido, se coloca una pasta de suelo en la copa y se hace un corte en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de ranurado estándar (figura 9b). Entonces la copa se eleva con la leva accionada por la manivela y se deja caer desde una altura de 10 mm. El contenido de humedad, en porcentaje, necesario para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo de la parte inferior de la ranura (ver las figuras 9c y 9d) después de 25 golpes se define como el límite líquido. La figura 10 muestra la fotografía de un dispositivo de límite líquido y una herramienta de ranurado.

El procedimiento para la prueba de límite líquido dada en ASTM es la Designación ASTM D-4318. Es difícil ajustar el contenido de humedad

en el suelo para satisfacer el cierre requerido de 12.7 mm de la ranura en la pasta de suelo con 25 golpes. Por lo tanto, al menos se realizan cuatro pruebas para el mismo suelo con un contenido variable de humedad para determinar el número de golpes N, que varía entre 15 y 35, necesario para lograr el cierre. El contenido de humedad del suelo en porcentaje y el correspondiente número de golpes se representa gráficamente en papel cuadrulado semilogarítmico (figura 11). La relación entre el contenido de humedad y log N es casi como una línea recta. Esto se conoce como curva de flujo. El contenido de humedad correspondiente a N = 25, determinado a partir de la curva de flujo, da el límite líquido del suelo.

### **LIMITE PLÁSTICO**

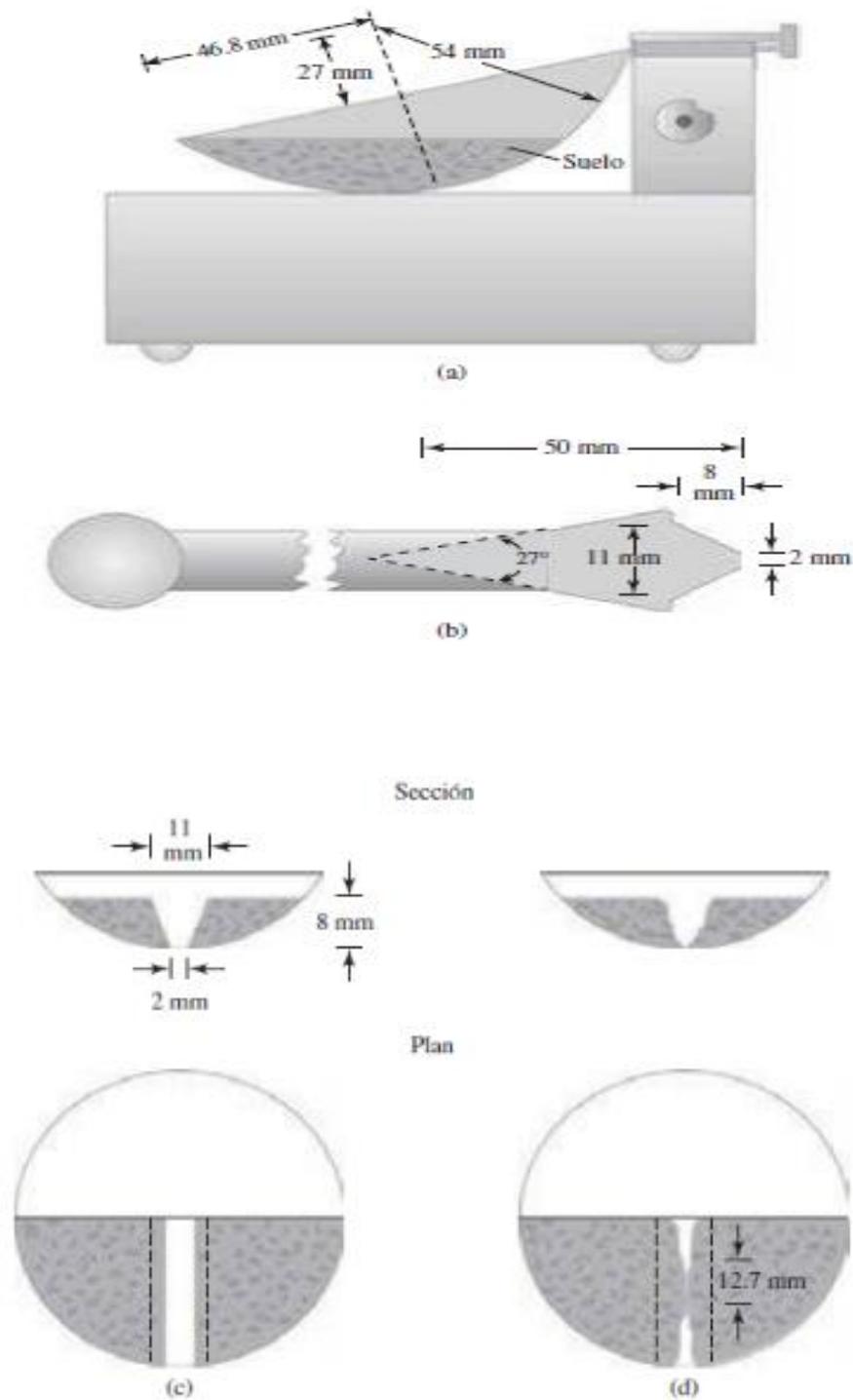
El límite plástico se define como el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo. La prueba es simple y se realiza mediante rodados repetidos por parte de una masa de tierra de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado (figura 12).

El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

$$IP = LL - LP$$

El procedimiento para la prueba de límite plástico se da en la norma ASTM, Designación ASTM D-4318.

Figura N° 9: Prueba de límite líquido: (a) dispositivo de límite líquido, (b) herramienta de ranurado, (c) porción de suelo antes de la prueba, (d) porción de suelo después de la prueba



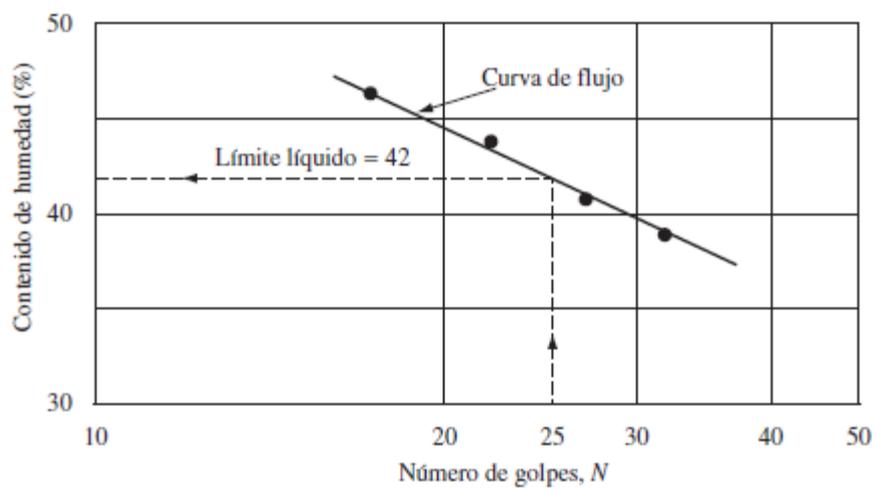
Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

**Figura 10: Dispositivo de límite líquido y herramienta de ranurado**



Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

**Figura 11: Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla limosa**



Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

**Figura 12: Prueba de límite plástico**



Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición, B. Das 2013

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

<https://glosarios.servidor-alicante.com/geotecnia> (Alicante, 2016)

**ABSORCIÓN:** Proceso en el que un líquido penetra y llena los intersticios de un material sólido poroso. Asimilación de fluidos en los poros de los suelos y rocas.

**ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA:** Ángulo entre el eje de esfuerzos normales y la tangente a la envolvente de Mohr en un punto que representa una condición dada de esfuerzo de ruptura de un material sólido. El ángulo de fricción interna de un suelo corresponde al ángulo cuya tangente es el coeficiente promedio de fricción entre las partículas de un suelo.

**ÁNGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL:** Ángulo de fricción a lo largo de la superficie de falla de un suelo; el ángulo de fricción residual corresponde a la relación entre la tensión normal y la tensión de cizalladura en el ensayo de corte directo después de que ha sido superado el nivel de resistencia máxima. El valor del ángulo de fricción residual es siempre menor que el ángulo de fricción interna (Skempton, 1964).

**ANISOTROPÍA:** Característica de los materiales cuyas propiedades presentan valores diferentes en diferentes direcciones.

**ANTRÓPICO:** Producido o alterado por acción humana.

**ARCILLAS:** Fracción de suelo con las partículas de tamaño inferior a 0,002 mm y en las que se las puede determinar un límite plástico y un límite líquido.

**ARENA:** Fracción de suelo cuyas partículas tienen un tamaño comprendido entre 0,06 mm y 2 mm. Fina hasta 0,2 mm; media hasta 0,6 mm; gruesa por encima de 0,6 mm.

**BLOQUE:** Fragmento de roca, que puede estar redondeado por abrasión o meteorización, cuyo diámetro es mayor de 25 cm.

**CALICATA:** Excavación de pequeña profundidad realizada manualmente o con maquinaria.

**CAPACIDAD ADMISIBLE:** Valor máximo del esfuerzo de contacto aplicable al diseño y construcción de una cimentación. La capacidad admisible de soporte es sólo una fracción de la capacidad última de soporte, y se calcula aplicando a esta última un factor de seguridad apropiado. Los valores de factor de seguridad más corrientes se encuentran en el intervalo de 3 a 5.

**CIMENTACIÓN:** Parte de una estructura que transmite la carga directamente al suelo.

**COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD:** Relación entre: a) la disminución del volumen, y de la correspondiente relación de vacíos, y b) un incremento dado de esfuerzo en un suelo. El coeficiente de compresibilidad está dado en el ensayo de consolidación por la pendiente de la secante de la curva esfuerzo/relación de vacíos, en un intervalo dado de esfuerzos.  $a_v = \Delta e / \Delta \sigma$ .

**COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN:** El coeficiente de consolidación primaria puede definirse como la relación entre la permeabilidad de un suelo, y el producto de su módulo edométrico y el peso unitario del agua.  $C_v = k / m_v \gamma$ .

**COHESIÓN:** Resistencia al corte del terreno cuando la presión normal efectiva es nula.

**CONSOLIDACIÓN PRIMARIA:** Proceso de reducción de volumen de los suelos saturados debido a la expulsión de agua.

**DEFORMACIÓN:** Cambio de tamaño o de forma de un cuerpo sólido.

**DENSIDAD:** Masa de un cuerpo o de un material por unidad de volumen.

**EMPOTRAMIENTO:** Zona de cimentación que queda por debajo de la superficie del terreno.

**ENTIBACIÓN:** Estructura de contención de una excavación que va siendo colocada simultáneamente con la propia ejecución de la excavación.

**ESFUERZO:** Fuerza por unidad de área sobre la que se aplica dicha fuerza. Los esfuerzos pueden ser normales, cortantes o torsionales. En algunos medios se prefiere utilizar el término tensión para este concepto.

**ESTADO LÍMITE:** Aquellos estados o situaciones de la estructura, o de partes de la misma, que de alcanzarse y excederse ponen a la estructura fuera de uso por incumplimiento de las condiciones tensionales o funcionales límite preestablecidas.

**GRADACIÓN:** Calificación de la distribución granulométrica de un suelo que se hace con base en los coeficientes de curvatura y de uniformidad.

**LIMITE LIQUIDO:** Contenido de agua de un suelo remoldeado correspondiente al límite entre sus estados plástico y líquido de consistencia. Contenido de agua con el cual una masa de suelo remoldeada y cortada con un ranurador de dimensiones estándar fluye hasta unirse en una distancia de 13 mm bajo el impacto de 25 golpes en un aparato normalizado para la determinación del límite líquido.

**LIMITE PLÁSTICO:** El contenido de agua de un suelo remoldeado que corresponde al límite entre sus estados de consistencia plástico y rígido. Contenido de agua con el que un suelo comienza a desmoronarse cuando se forma con él un cilindro de 3 mm de diámetro.

**MUESTRA:** Porción de material que se toma para determinar las características o propiedades de una parte o de la totalidad del mismo.

**MUESTRA INALTERADA:** Muestra de suelo cuya estructura no ha sido modificada por manipulación durante el proceso de muestreo y transporte al laboratorio.

**PARÁMETRO:** Magnitud matemática a la que el operador puede asignar valores arbitrarios, a diferencia de las variables que pueden tomar sólo los que hace posibles la forma de la función. No es sinónimo de criterio, norma o estándar.

**PESO ESPECIFICO SATURADO:** Peso específico correspondiente a una muestra saturada, con todos sus poros llenos de agua.

**PESO ESPECIFICO SECO:** Peso de las partículas sólidas, dividido por el volumen total de la muestra.

**PESO ESPECIFICO SUMERGIDO:** Peso específico del material saturado al estar sumergido en agua en condiciones hidrostáticas.

**PLASTICIDAD:** Propiedad de un material que se deforma indefinidamente sin romperse al ser sometido a un esfuerzo que supere un nivel dado.

**POROSIDAD:** Relación entre el volumen ocupado por los poros y el volumen total de la muestra (partículas sólidas + poros).

**RELACIÓN DE VACÍOS:** Relación entre el volumen de espacios vacíos, y el volumen de partículas sólidas en una masa de suelo.

**SONDEO:** Perforación profunda de pequeño diámetro, con extracción de testigo.

**SUELO:** Parte de la corteza terrestre formada por materiales que pueden ser disgregados en partículas individuales, mediante la acción del agua.

## **2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La medida del ángulo de fricción interna y la cohesión en la resistencia a los esfuerzos de corte in situ (experimental) con una sola muestra, tienen semejanza con los obtenidos en laboratorio, realizadas con el suelo del Centro Poblado de Alto Qosqo.

### **2.4.2. Hipótesis Secundarias**

- La medida del ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizadas con una sola muestra tienen relación directa con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, en el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.
- La medida de la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra tiene relación directa con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, en el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. Variable Independiente**

De la hipótesis Principal: la muestra única del suelo

De la hipótesis secundaria: la muestra única del suelo

### **2.5.2. Variable Dependiente**

De la hipótesis principal: parámetros de resistencia al esfuerzo cortante.

De la hipótesis secundaria: ángulo de fricción interna y cohesión.

## **CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.2. Tipo de Investigación**

La presente investigación titulada: “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO”, es una INVESTIGACIÓN APLICADA, porque intenta mejorar un procedimiento práctico y además hace uso de conocimiento existente actual para lograr este objetivo.

#### **3.1.2. Nivel de Investigación**

La investigación presente tiene como nivel de investigación el CAUSAL – EXPLICATIVO, porque se busca determinar o establecer el porqué de un fenómeno (RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE) explicando este mediante otro fenómeno (COMPARACIÓN DE DIFERENTES ENSAYOS USANDO UNA SOLA MUESTRA).

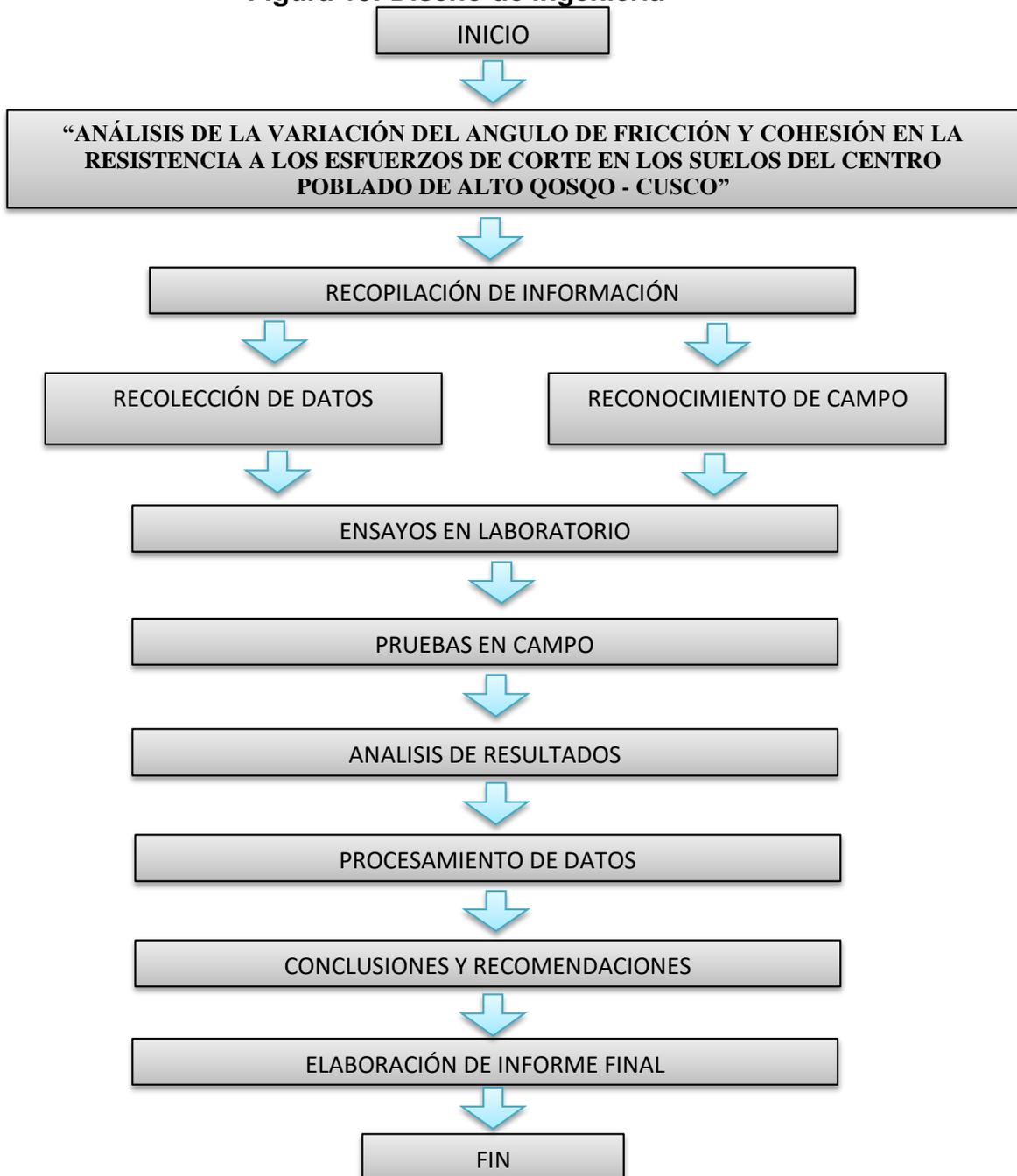
La investigación presente es una investigación CAUSAL–MULTIVARIADO.

### 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño del presente trabajo de investigación es de tipo experimental, longitudinal. En esta investigación se recolectaran datos del lugar de estudio y se harán pruebas con más de una medición. Entonces diremos que según el propósito de la investigación es una Investigación experimental y según el número de mediciones es de tipo longitudinal.

#### 3.2.1. Diseño de Ingeniería

**Figura 13: Diseño de ingeniería**



Fuente: Elaboración propia

### 3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método que se usará en la presente investigación es EXPERIMENTAL, porque analiza la variable y busca medir el efecto de la variable independiente (muestra única de suelo) sobre la variable dependiente (Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante).

### 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.4.1. Población

La población de la investigación es el suelo del centro poblado de Alto Qosqo del distrito de San Sebastián - Cusco.

#### 3.4.2. Muestra

La muestra representativa con la cual se trabajó fue tomada del centro poblado de Alto Qosqo del distrito de San Sebastián. En total 08 muestras que se trabajaran en el laboratorio y en el campo.

**Tabla 2: Numero de muestras requeridas en laboratorio**

ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	NUMERO DE MUESTRAS
ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN	ALTERADA	1
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL		
LIMITE PLÁSTICO		
LIMITE LIQUIDO		
GRANULOMETRÍA		
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	INALTERADA	3
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN LABORATORIO		
	TOTAL	4

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3: Numero de muestras requeridas en campo**

ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	NUMERO DE MUESTRAS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CAMPO	INALTERADA	1
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CAMPO	INALTERADA	3
	TOTAL	4

Fuente: Elaboración propio.

Una vez realizada las pruebas tanto en laboratorio como en el campo, se procedió a realizar el trabajo comparativo de los resultados obtenidos.

### 3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.5.1. Técnicas de Tratamiento de los Datos

El procedimiento que se uso fue el de OBSERVACIÓN de los resultados obtenidos en laboratorio.

#### 3.5.2. Instrumentos Metodológicos o de Recolección de Datos

- El instrumento usado fue LA FICHA DE OBSERVACIÓN.
- Equipos de corte directo experimental.

### 3.5.2.1. Contenido de Humedad

**Tabla 4: Formato - contenido de humedad**

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b>				
<b>(NTP-339.127 - ASTM-D2216)</b>				
Proyecto: "ANALISIS DE LA VARIACION DEL ANGULO DE FRICCION Y COHESION EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE				
Ubicación: ALTO QOSQO				
Muestra: INALTERADO				
Fecha: junio-2018				
Por: Bach. WILLIAM HUAMAN ROCA				

	<b>MUESTRA 01</b>	<b>MUESTRA 02</b>	<b>MUESTRA 03</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>N° DE CAPSULA</b>				
<b>PESO DE CAPSULA</b>				
<b>PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO</b>				
<b>PESO CAPS + MATERIAL SECO</b>				
<b>PESO DEL AGUA</b>				
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>				
<b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b>				

PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA = 0.00%

### Contenido de Humedad

The chart displays the water content for three samples. The vertical axis represents the water content percentage, ranging from 0 to 1. The horizontal axis represents the samples, with four positions marked '0.00 %'. All three samples show a water content of 0.00%.

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.2.3. Límites de Consistencia

**Tabla 6: Formato - Consistencia**

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO -"				
Ubicación: ALTO QOSQO				
Muestra: INALTERADA				
Fecha: junio-2018				
Por: Bach. WILLIAM HUAMAN ROCA				
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
N° de lata	1	2	3	
peso de suelo húmedo + lata(g)				
peso de suelo seco + lata(gr)				
peso de lata(gr)				
peso de suelo seco(gr)				
peso de suelo húmedo(gr)				
peso de agua(gr)				
contenido de humedad				
<b>LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110</b>				
N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo húmedo + lata(g)				
peso de suelo seco + lata(gr)				
peso de lata(gr)				
peso de suelo seco(gr)				
peso de suelo húmedo(gr)				
peso de agua(gr)				
contenido de humedad				
Numero de golpes;N				
LL aproximado				

**Limite Liquido**

% contenido de humedad

N° de golpes

LL=

LP=

IP=

Fuente: Elaboración propio





**Figura 14: Balanza digital**



Fuente: Elaboración propio

### **3.5.3.2. Horno**

El horno es instrumento que sirve para secar la muestra de suelo que contiene humedad o cualquier material similar en un determinado tiempo, el uso en laboratorio que se da es en ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, etc.

**Figura 15: Horno Eléctrico**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.3. Tamices

Los tamices sirven para determinar la granulometría del suelo, los cuales tienen aberturas variadas como por ejemplo 4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.

**Figura 16: Juego de Tamices**



Fuente: Elaboración propio

### 3.5.3.4. Equipo de Casagrande

Conocida también como cuchara de Casagrande, este instrumento es útil para determinar el límite líquido de un determinado suelo.

**Figura 17: Cuchara de Casagrande**



Fuente: Elaboración propio

### 3.5.3.5. Equipo de Corte Directo

Este equipo permite llevar a cabo uno de los ensayos básicos para la obtención de parámetros resistentes del terreno bajo distintas condiciones. Las medidas obtenidas, básicamente son el ángulo de rozamiento, la cohesión y la envolvente de rotura, permiten realizar cálculos geotécnicos de cimentaciones, estabilidad de taludes, diseño de muros, etc. (Serrano Mendez, pág. 1)

**Figura 18: Equipo de corte directo computarizado**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.6. Equipo de Corte Directo Experimental

Este equipo fue creado bajo el mismo principio que el equipo de corte para laboratorio, el cual cuenta con los siguientes componentes:

- 02 Gatos hidráulicos ambos de 32 Ton de capacidad.
- Armazón metálico de tipo L3"x 1/4".
- 02 manómetros de glicerina de 200 PSI de capacidad.
- 04 aceros de 1/2" de 1.5m de longitud que sirve para anclar en equipo en el terreno.
- Cajón de confinamiento de 50x50x30cm.
- Polines de 1/4" diámetro por 50cm de longitud
- Platina de 50x50cm

Cuyo funcionamiento es a base de gatos hidráulicos, uno dispuesto en sentido vertical invertido que simula el esfuerzo

normal, y otro en sentido horizontal que simula el esfuerzo de corte, ambos cuentan con manómetros que miden los esfuerzos aplicados.

**Figura 19: Equipo de corte directo experimental**



Fuente: Elaboración propio

### **3.5.4 Procesamiento de Recolección de Datos**

#### **3.5.4.1. Contenido de Humedad**

##### **INSTRUMENTOS O EQUIPOS UTILIZADOS**

- Balanza
- Recipientes o Taras
- Horno

##### **PROCEDIMIENTO**

Primero se pesa el recipiente o tara identificándolo con un número, seguidamente se pasa a pesar la tara más una pequeña muestra de suelo con su humedad natural, el ensayo debe realizarse con tres muestras, una vez tomado los datos de los pesos de las tres muestras se pasa al secado en el horno durante un tiempo de 24 horas, pasada las 24 horas se sacan del horno para ser pesadas y así obtener de las tres muestras un promedio de contenido de humedad.

**Figura 20: Pesado de Muestras**

Fuente: Elaboración propia

## DATOS OBTENIDOS

**Tabla 9: Datos obtenidos del contenido de humedad**

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b>				
<b>(NTP-339.127 - ASTM-D2216)</b>				
Proyecto: "ANALISIS DE LA VARIACION DEL ANGULO DE FRICCION Y COHESION EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE				
Ubicación: ALTO QOSQO				
Muestra: INALTERADO				
Fecha: junio-2018				
Por: Bach. WILLIAM HUAMAN ROCA				
	<b>MUESTRA 01</b>	<b>MUESTRA 02</b>	<b>MUESTRA 03</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>N° DE CAPSULA</b>	15	16	17	
<b>PESO DE CAPSULA</b>	22.50	21.05	21.09	
<b>PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO</b>	52.74	48.45	59.49	
<b>PESO CAPS + MATERIAL SECO</b>	49.36	45.38	55.23	
<b>PESO DEL AGUA</b>				
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>				
<b>CONTENIDO DE AGUA (%)</b>				
<b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =</b>				<b>0.00%</b>

Fuente: Elaboración propio.

### 3.5.4.2. Granulometría

#### INSTRUMENTOS O EQUIPOS UTILIZADOS

- Tamices De 4", 2", 1", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°100 y N°200.
- Balanza
- Bandejas
- Comba De Goma

#### PROCEDIMIENTO

Se toma inicialmente una porción de aproximadamente 1kg de muestra de suelo como se ve en la figura N° 21, seguidamente se pasa al lavado de la muestra para quitar las impurezas del material, una vez que el material este limpio este se coloca en una bandeja y es llevado al horno durante 24 horas para su secado.

**Figura 21: Pesado de muestra para la granulometría**



Fuente: Elaboración propio

**Figura 22: Tamizado de la muestra**



Fuente: Elaboración propio

Pasada las 24 horas se saca del horno y se procede con el tamizado, para nuestro caso de usaron los tamices de 4", 2", 1", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°100 y N°200. Tamizado el material se pesa las cantidades retenidas en los tamices antes mencionados.

**Figura 23: Cantidades retenidas en los distintos tamices**



Fuente: Elaboración Propia

## DATOS OBTENIDOS

**Tabla 10: Datos obtenidos para la granulometría**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200				
Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO -"				
Ubicación: ALTO QOSQO				
Muestra: INALTERADA				
Fecha: junio-2018				
Por: Bach. WILLIAM HUAMAN ROCA				
PESO INICIAL=		863.65 gr		
PESO FINAL=		863.45 gr		
% de pérdidas=		0.02%		
% Max de Perdida=		2.00%		OK <sub>ij</sub>
Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	%que pasa
4"	100	0.00		
2"	50	0.00		
1"	25	0.00		
3/8"	9.5	2.04		
4	4.750	10.86		
10	2.000	11.02		
40	0.425	24.57		
100	0.150	59.28		
200	0.075	63.82		
bandeja		18.17		
lavado		673.69		
		863.45	0.00%	
% de gruesos=	0.00%	% de la fracción gruesa retenida en la malla N 4=		(Grava)
% de finos=	0.00%	% de la fracción gruesa pasa la malla N 4=		(Arena)
% de grava=	0.00%			
% de arena=	0.00%			

### 3.5.4.3. Límites de Consistencia

#### INSTRUMENTOS O EQUIPOS UTILIZADOS:

##### LIMITE PLÁSTICO

- Taras
- Balanza
- Plancha De Vidrio
- Recipiente
- Espátula
- Horno

##### LIMITE LÍQUIDO

- Taras
- Balanza
- Equipo De Casagrande
- Ranurador
- Espátula
- Horno

**PROCEDIMIENTO:****LIMITE PLÁSTICO**

Para este ensayo se tamiza una porción de material en la malla N°40, al material que pasa dicha malla se le adiciona agua y se mezcla hasta obtener una masa pastosa, luego se coge una porción de la mezcla y se procede a formar cilindros alargados en la superficie del vidrio hasta unos 3mm de diámetro o hasta que empiecen a fisurarse, seguidamente se colocan en tres tarros para ser pesados, secados en el horno y pesarlos nuevamente.

**Figura 24: Muestras del ensayo de limite plástico**

Fuente: Elaboración propio

**Figura 25: Pesado de muestras**

Fuente: Elaboración propio

**LIMITE LÍQUIDO**

Para el límite líquido se procede a formar una mezcla consistente igual que el límite plástico, antes de colocar la mezcla se debe de verificar que el equipo este en óptimas condiciones, luego de haber verificado el equipo y habiéndose comprobado su adecuado

funcionamiento se pasa a colocar sobre la cuchara de Casagrande un porción de la mezcla, esta deberá ser enrazada con la espátula y luego con el ranurador se hace un surco longitudinal como se ve en la figura 27 para luego ejecutar con la manivela golpes hasta que el surco llegue a cerrarse. Se deben realizar como mínimo tres pruebas de manera que la cantidad de golpes este en un rango de 15 a 30 golpes, se calculan los porcentajes de contenido de humedad para finalmente calcular el contenido de humedad para 25golpes siendo este valor el limite liquido obtenido.

**Figura 26: Equipos para el ensayo de limite líquido**



Fuente: Elaboración propio

**Figura 27: Ranurado de la muestra**



Fuente: Elaboración propio

## DATOS OBTENIDOS

**Tabla 11: Datos obtenidos para los límites de consistencia**

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>				
<b>LIMITE PLASTICO</b>				
Nº de lata	1	2	3	
peso de suelo humedo + lata(g)	15.72	14.19	13.61	
peso de suelo seco + lata(gr)	15.63	14.08	13.47	
peso de lata(gr)	15.01	13.31	12.51	
peso de suelo seco(gr)				
peso de suelo humedo(gr)				
peso de agua(gr)				
contenido de humedad				
<b>LIMITE LIQUIDO MTC E-110</b>				
Nº de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(g)	19.52	20.35	18.75	18.28
peso de suelo seco + lata(gr)	17.97	18.70	17.25	16.94
peso de lata(gr)	12.78	12.96	11.84	12.09
peso de suelo seco(gr)				
peso de suelo humedo(gr)				
peso de agua(gr)				
contenido de humedad				
Numero de golpes;N	16	24	33	40
LL aproximado	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propio

### 3.5.4.4. Corte Directo en Laboratorio

#### INSTRUMENTOS O EQUIPOS UTILIZADOS

- Balanza
- Equipo De Corte Directo
- Anillo para el tallado
- Horno
- Cuchillo

#### PROCEDIMIENTO

Se talla cuidadosamente con el anillo de tallado la muestra inalterada traída del lugar de estudio, 04 muestras cilíndricas de medidas 5.10cm de diámetro por 2.00cm de altura, una vez moldeados con las medidas antes descritas se pesan en

la balanza y se procede a colocarlo en el equipo de corte directo, las muestras se someten a cargas progresivas como son las de 4kg, 8kg y 12kg, después que la muestra falle debido al esfuerzo cortante esta se pasa a secar en el horno para luego calcular su humedad.

**Figura 28: Tallado de muestras**



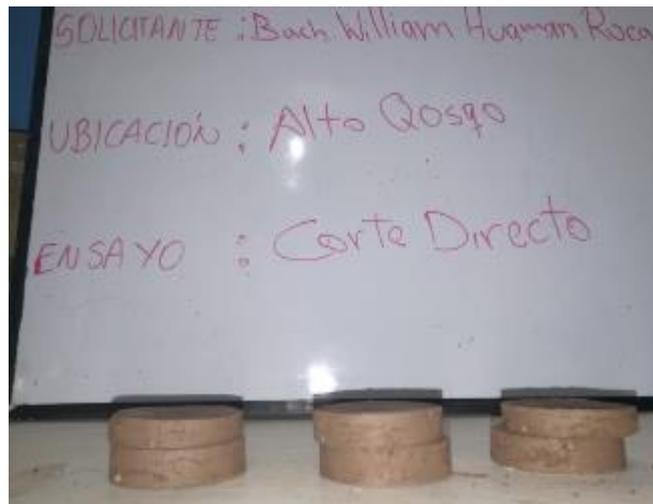
Fuente: Elaboración propio.

**Figura 29: Colocado de carga en el equipo de corte directo**



Fuente: Elaboración propio

**Figura 30: Muestras después de ensayo de corte directo**



Fuente: Elaboración propia

## DATOS OBTENIDOS

**Tabla 12: Datos obtenidos para el corte directo en laboratorio**

<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO</b>									
<b>NTP 339.171 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)</b>									
Tesis: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"									
Por: Bach. WILLIAM HUAMAN ROCA									
Ubicación: ALTO QOSQO									
Fecha: junio-2018									
Forma: Redonda									
Tipo de muestra: Inalterada									
Peso del anillo = 120.84 gr									
Velocidad de Ensayo = 0.50 mm/min									
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>					<b>DENSIDAD DE LA MUESTRA</b>				
Diametro o Lado	D=	5.10 cm			Peso=	137.34 gr			
Area	A=	20.43 cm <sup>2</sup>			Peso Unitario Humedo=	3.36 gr/cm <sup>3</sup>			
Altura	H=	2.00 cm			Contenido de Humedad=	12.56%			
Volumen	V=	40.86 cm <sup>3</sup>			Peso Unitario Seco=	2.99 gr/cm <sup>3</sup>			
<b>VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4.00 KG</b>									
DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm <sup>2</sup>	AREA CORREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL Kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000		0.000	4.000					
0.10	-0.003		0.061	4.000					
0.20	-0.004		1.448	4.000					
0.30	-0.004		3.610	4.000					
0.40	-0.004		5.282	4.000					
0.50	-0.004		6.710	4.000					
0.60	-0.004		7.933	4.000					
0.70	-0.004		8.994	4.000					
0.80	-0.004		10.014	4.000					
0.90	-0.004		10.911	4.000					
1.00	-0.004		11.829	4.000					
1.20	-0.004		12.583	4.000					
1.40	-0.004		14.174	4.000					
1.60	-0.004		15.561	4.000					
1.80	-0.004		16.764	4.000					
2.00	-0.004		17.865	4.000					
2.50	-0.004		18.906	4.000					
3.00	-0.017		21.230	4.000					
3.50	-0.026		23.209	4.000					
4.00	-0.034		25.044	4.000					
4.50	-0.038		26.696	4.000					
5.00	-0.043		28.389	4.000					
5.50	-0.047		29.837	4.000					
6.00	-0.051		30.795	4.000					
6.50	-0.057		31.550	4.000					
7.00	-0.062		32.039	4.000					
7.50	-0.066		32.223	4.000					
8.00	-0.071		32.101	4.000					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13: Datos obtenidos para una carga de 8kg**

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE									8.00 KG
DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm2	AREA CORREGID A cm2	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm2	ESFUERZO NORMAL Kg/cm2
0.00	0.000		0.000	8.000					
0.10	-0.020		0.387	8.000					
0.20	-0.037		1.652	8.000					
0.30	-0.051		2.937	8.000					
0.40	-0.063		2.916	8.000					
0.50	-0.070		2.937	8.000					
0.60	-0.084		2.937	8.000					
0.70	-0.095		2.937	8.000					
0.80	-0.106		2.937	8.000					
0.90	-0.119		2.937	8.000					
1.00	-0.128		2.937	8.000					
1.20	-0.142		2.937	8.000					
1.40	-0.154		2.937	8.000					
1.60	-0.163		2.937	8.000					
1.80	-0.177		2.937	8.000					
2.00	-0.186		2.937	8.000					
2.50	-0.197		2.937	8.000					
3.00	-0.212		2.937	8.000					
3.50	-0.219		8.219	8.000					
4.00	-0.236		15.010	8.000					
4.50	-0.243		20.007	8.000					
5.00	-0.258		23.474	8.000					
5.50	-0.266		26.655	8.000					
6.00	-0.281		29.898	8.000					
6.50	-0.292		32.407	8.000					
7.00	-0.304		34.426	8.000					
7.50	-0.316		36.016	8.000					
8.00	-0.328		37.281	8.000					
8.50	-0.339		38.484	8.000					
9.00	-0.351		39.259	8.000					
9.50	-0.363		39.973	8.000					
10.00	-0.375		40.442	8.000					
10.50	-0.387		40.727	8.000					
11.00	-0.399		40.911	8.000					
11.50	-0.411		41.095	8.000					
12.00	-0.422		41.237	8.000					
12.50	-0.434		41.278	8.000					
13.00	-0.446		41.217	8.000					
13.50	-0.458		41.179	8.000					

Fuente: Elaboración propio

**Tabla 14: Datos obtenidos para una carga de 12kg**

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE									12.00 KG
DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm2	AREA CORREGID A cm2	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm2	ESFUERZO NORMAL Kg/cm2
0.00	0.000		0.000	12.000					
0.10	-0.003		0.122	12.000					
0.20	-0.009		0.938	12.000					
0.30	-0.021		3.161	12.000					
0.40	-0.035		3.569	12.000					
0.50	-0.052		3.610	12.000					
0.60	-0.065		3.610	12.000					
0.70	-0.087		3.610	12.000					
0.80	-0.105		3.630	12.000					
0.90	-0.120		3.630	12.000					
1.00	-0.128		3.630	12.000					
1.20	-0.137		3.630	12.000					
1.40	-0.153		3.630	12.000					
1.60	-0.164		3.651	12.000					
1.80	-0.167		3.651	12.000					
2.00	-0.171		3.651	12.000					
2.50	-0.172		3.651	12.000					
3.00	-0.172		3.651	12.000					
3.50	-0.172		6.241	12.000					
4.00	-0.174		18.273	12.000					
4.50	-0.178		24.412	12.000					
5.00	-0.181		28.226	12.000					
5.50	-0.182		31.468	12.000					
6.00	-0.196		33.957	12.000					
6.50	-0.195		36.282	12.000					
7.00	-0.199		38.015	12.000					
7.50	-0.204		39.361	12.000					
8.00	-0.208		40.727	12.000					
8.50	-0.212		41.951	12.000					
9.00	-0.216		42.808	12.000					
9.50	-0.220		43.644	12.000					
10.00	-0.225		44.521	12.000					
10.50	-0.229		45.071	12.000					
11.00	-0.233		45.500	12.000					
11.50	-0.237		45.826	12.000					
12.00	-0.241		45.989	12.000					
12.50	-0.246		46.010	12.000					
13.00	-0.250		45.908	12.000					
13.50	-0.254		45.806	12.000					

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.4.5. Corte Directo en Campo

#### INSTRUMENTOS O EQUIPOS UTILIZADOS

- Equipo De Corte Directo Experimental
- Barreta
- Pico
- Pala
- Alicata

- Llave Loro
- Cajones De Madera

## PROCEDIMIENTO

### A) CON 03 BLOQUES

Primeramente se hace el trazo de la excavación en el terreno, luego se pasa a excavar y moldear los bloques de medidas 50cm de largo por 50cm de ancho por una altura de 30cm al cual se lo coloca la caja de confinamiento de madera que esta calce al bloque. Seguidamente se monta el equipo sobre el bloque y se ajusta las gatas hidráulicas (figura 31).

**Figura 31: Montaje del equipo sobre el bloque moldeado in si-tu.**



Fuente: Elaboración propio

Luego se procede a aplicar primero el esfuerzo de normal de  $2\text{kg}/\text{cm}^2$  (30PSI) para el primer bloque y se pasa a aplicar el esfuerzo cortante con la gata colocada horizontalmente, se toman los datos de deformación horizontal con un flexómetro (ver figura 32), los esfuerzos cortantes y el esfuerzo normal hasta que el bloque por corte.

**Figura 32: Medición de la deformación horizontal**



Fuente: Elaboración propia.

Una vez ensayado el primer bloque se pasa al siguiente, esta vez se le aplica un esfuerzo normal de  $4\text{kg/cm}^2$  (60PSI) se toman los datos hasta que falle y finalmente se pasa con el tercer bloque al cual se le aplica una carga de  $4\text{kg/cm}^2$  (90PSI) y se precede de igual manera que el anterior.

**Figura 33: Medición de los esfuerzos aplicados en el bloque**



Fuente: Elaboración propia.

### **B) CON 01 BLOQUE**

Teniéndose ya moldeados los bloques con las mismas medidas de  $50 \times 50 \times 30\text{cm}$  se procede al ensayo de forma parecida al ensayo con 03 muestras o bloques, pero esta vez con un solo bloque al cual se le aplica primeramente un esfuerzo normal de  $2\text{kg/cm}^2$

(30PSI), se le aplica el esfuerzo cortante hasta antes de que este falle por corte; este valor de falla será menor en  $0.7\text{kg/cm}^2$  (10PSI) a la falla del primer ensayo del bloque sometido a  $2\text{kg/cm}^2$  (30PSI) de esfuerzo normal.

Luego se incrementa el esfuerzo normal a  $4\text{kg/cm}^2$  (60PSI) y de igual manera se deja de aplicar el cortante antes de la falla; este cortante también es menor en  $0.7\text{kg/cm}^2$  (10PSI) al segundo bloque del primer ensayo sometido a  $4\text{kg/cm}^2$  (60PSI) de esfuerzo normal.

Finalmente se incrementa el esfuerzo normal a  $6\text{kg/cm}^2$  (90PSI) esta vez hasta que el bloque falle debido al esfuerzo cortante.

**Figura 34: Superficie de falla debido al esfuerzo cortante.**



Fuente: Elaboración Propia

## DATOS OBTENIDOS

### A) CON 03 BLOQUES

**Tabla 15: Datos obtenidos del ensayo de corte directo con 03 muestras en campo para una carga de 5000kg**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN - SITU									
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA									
Diametro o lado (cm) :	50					Humedad (%) :	12.56		
Altura (cm) :	30					Densidad Seca (grs/cm <sup>3</sup> ) :	2.985		
Area (cm <sup>2</sup> ) :	2500								
Volumen (cm <sup>3</sup> ) :	75000								
APLICACIONES DE CARGA									
VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 5000 kg									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0000	0.0000		0.00	5000.00					
-0.0010	1.0000		2109.22	5000.00					
-0.0050	2.0000		2952.90	5000.00					
-0.0080	3.0000		3691.13	5000.00					
-0.0100	4.0000		4218.43	5000.00					
-0.0300	6.0000		4851.19	5000.00					
-0.0500	7.0000		5273.04	5000.00					
-0.0700	8.0000		6116.72	5000.00					
-0.0900	9.0000		6854.95	5000.00					
-0.1000	10.0000		7487.71	5000.00					
-0.1500	11.0000		8436.8606	5000.00					

**Tabla 16: Datos obtenidos para una carga de 10000kg**

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 10000 kg									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0000	0.0000		0.00	10000.00					
-0.0010	1.0000		1581.91	10000.00					
-0.0050	1.5000		2003.75	10000.00					
-0.0080	2.0000		2531.06	10000.00					
-0.0100	2.5000		3058.36	10000.00					
-0.0300	3.0000		3585.67	10000.00					
-0.0500	3.5000		4112.97	10000.00					
-0.0700	4.0000		4640.27	10000.00					
-0.0900	4.5000		5273.04	10000.00					
-0.1000	5.0000		5905.80	10000.00					
-0.1500	6.0000		6327.65	10000.00					
-0.1800	7.0000		7171.33	10000.00					
-0.1850	8.0000		7909.56	10000.00					
-0.1900	9.0000		8753.24	10000.00					
-0.1950	10.0000		9386.01	10000.00					
-0.2000	11.0000		10018.77	10000.00					
-0.2500	12.0000		11073.38	10000.00					
-0.2800	13.0000		11811.60	10000.00					
-0.3000	14.0000		12655.29	10000.00					
-0.3600	15.0000		13709.90	10000.00					

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 17: Datos obtenidos para una carga de 15000kg**

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE <b>15000 kg</b>									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0000	0.0000		0.00	15000.00					
-0.0010	1.0000		527.30	15000.00					
-0.0050	1.5000		1581.91	15000.00					
-0.0080	1.5000		2003.75	15000.00					
-0.0100	2.0000		2425.60	15000.00					
-0.0300	2.5000		2847.44	15000.00					
-0.0500	2.5000		3374.74	15000.00					
-0.0700	3.0000		3902.05	15000.00					
-0.0900	3.5000		4429.35	15000.00					
-0.1000	4.5000		5062.12	15000.00					
-0.1500	5.0000		5589.42	15000.00					
-0.1800	5.5000		6222.18	15000.00					
-0.1850	6.0000		6854.95	15000.00					
-0.1900	6.5000		7698.64	15000.00					
-0.1950	7.0000		8436.86	15000.00					
-0.2000	8.0000		9280.55	15000.00					
-0.2500	9.0000		10018.77	15000.00					
-0.2800	10.0000		10862.46	15000.00					
-0.3000	11.0000		11389.76	15000.00					
-0.3600	12.0000		12127.99	15000.00					
-0.4000	13.0000		12655.29	15000.00					
-0.4500	14.0000		13709.90	15000.00					
-0.5000	15.0000		14975.43	15000.00					
-0.5500	16.0000		16135.50	15000.00					
-0.6000	17.0000		16873.72	15000.00					
-0.6800	18.0000		18244.71	15000.00					
-0.7000	19.0000		19510.24	15000.00					
-0.7600	20.0000		20881.23	15000.00					
-0.8000	21.0000		21619.46	15000.00					

Fuente: Elaboración propia.

## B) CON 01 BLOQUE

**Tabla 18: Datos obtenidos del ensayo de corte directo con una muestra**

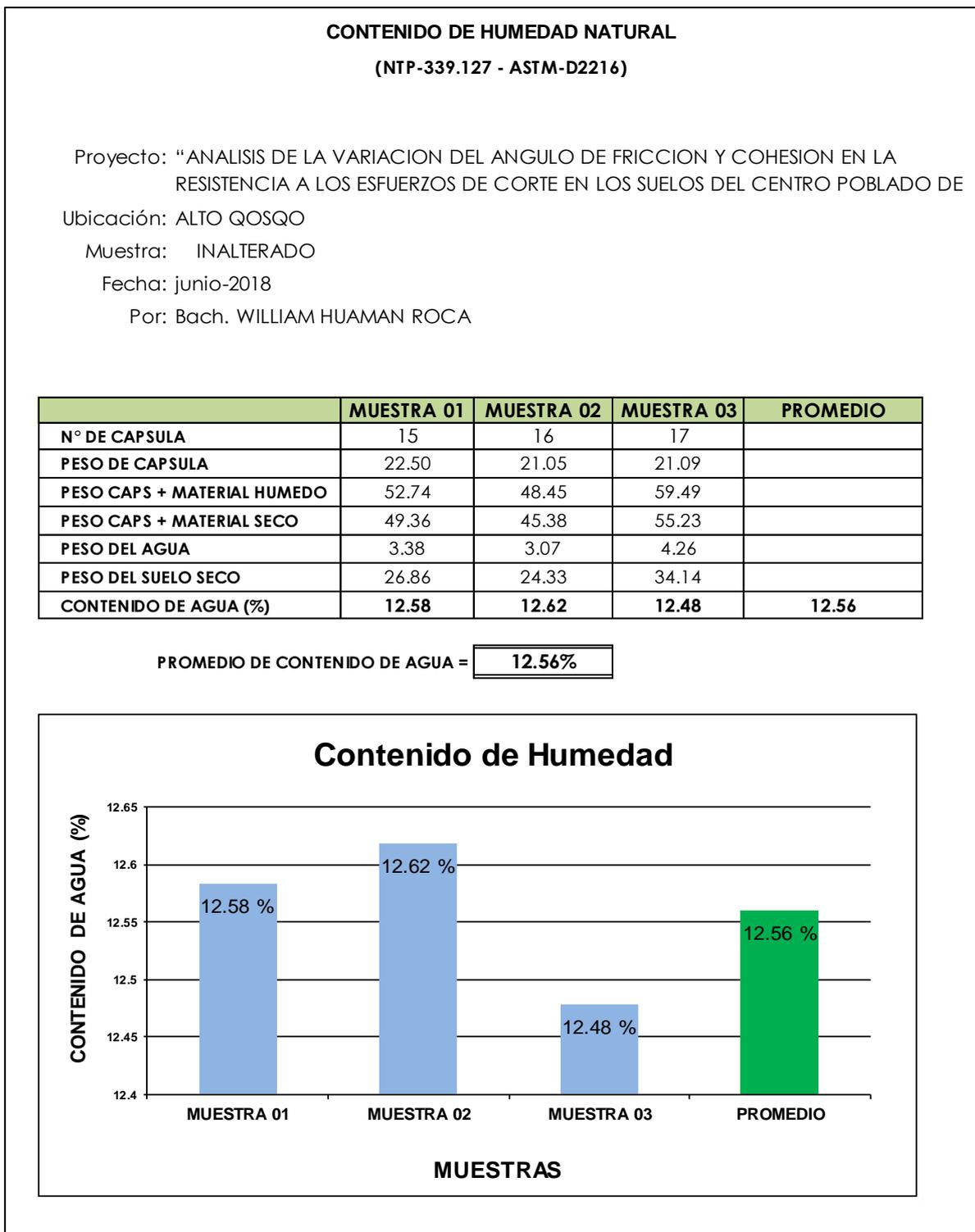
ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN - SITU									
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA									
Diametro o lado (cm) :		50		Humedad (%) :		12.56			
Altura (cm) :		30		Densidad Seca (grs/cm <sup>3</sup> ) :		2.985			
Area (cm <sup>2</sup> ) :		2500							
Volumen (cm <sup>3</sup> ) :		75000							
APLICACIONES DE CARGA									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
CARGA INICIAL DE : 5000 kg									
0.0000	0.0000		0.00	5000.00					
-0.0010	1.0000		2320.14	5000.00					
-0.0050	2.0000		2741.98	5000.00					
-0.0080	3.0000		3374.74	5000.00					
-0.0100	5.0000		3796.59	5000.00					
-0.0300	6.0000		4640.27	5000.00					
-0.0500	8.0000		5800.34	5000.00					
-0.0700	9.0000		6854.95	5000.00					
-0.0900	10.0000		7909.56	5000.00					
INCREMENTO DE CARGA A : 10000 kg									
-0.2000	10.0000		7909.56	10000.00					
-0.2500	10.5000		8225.94	10000.00					
-0.3000	11.0000		8753.24	10000.00					
-0.3500	11.5000		9280.55	10000.00					
-0.4000	12.0000		9807.85	10000.00					
-0.4500	13.0000		10335.15	10000.00					
-0.5000	14.0000		11073.38	10000.00					
-0.5500	15.0000		11811.60	10000.00					
-0.6000	16.0000		12127.99	10000.00					
-0.6500	17.0000		13182.59	10000.00					
INCREMENTO DE CARGA A : 15000 kg									
-1.0000	18.0000		13709.90	15000.00					
-1.0500	18.5000		14237.20	15000.00					
-1.1000	18.5000		14764.51	15000.00					
-1.1500	19.0000		15291.81	15000.00					
-1.2000	19.5000		15819.11	15000.00					
-1.2500	20.0000		16346.42	15000.00					
-1.3000	21.0000		17928.33	15000.00					
-1.3500	21.5000		19193.86	15000.00					
-1.5000	21.5000		20459.39	15000.00					

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.5 Procesamiento de Datos

#### 3.5.5.1. Contenido de Humedad

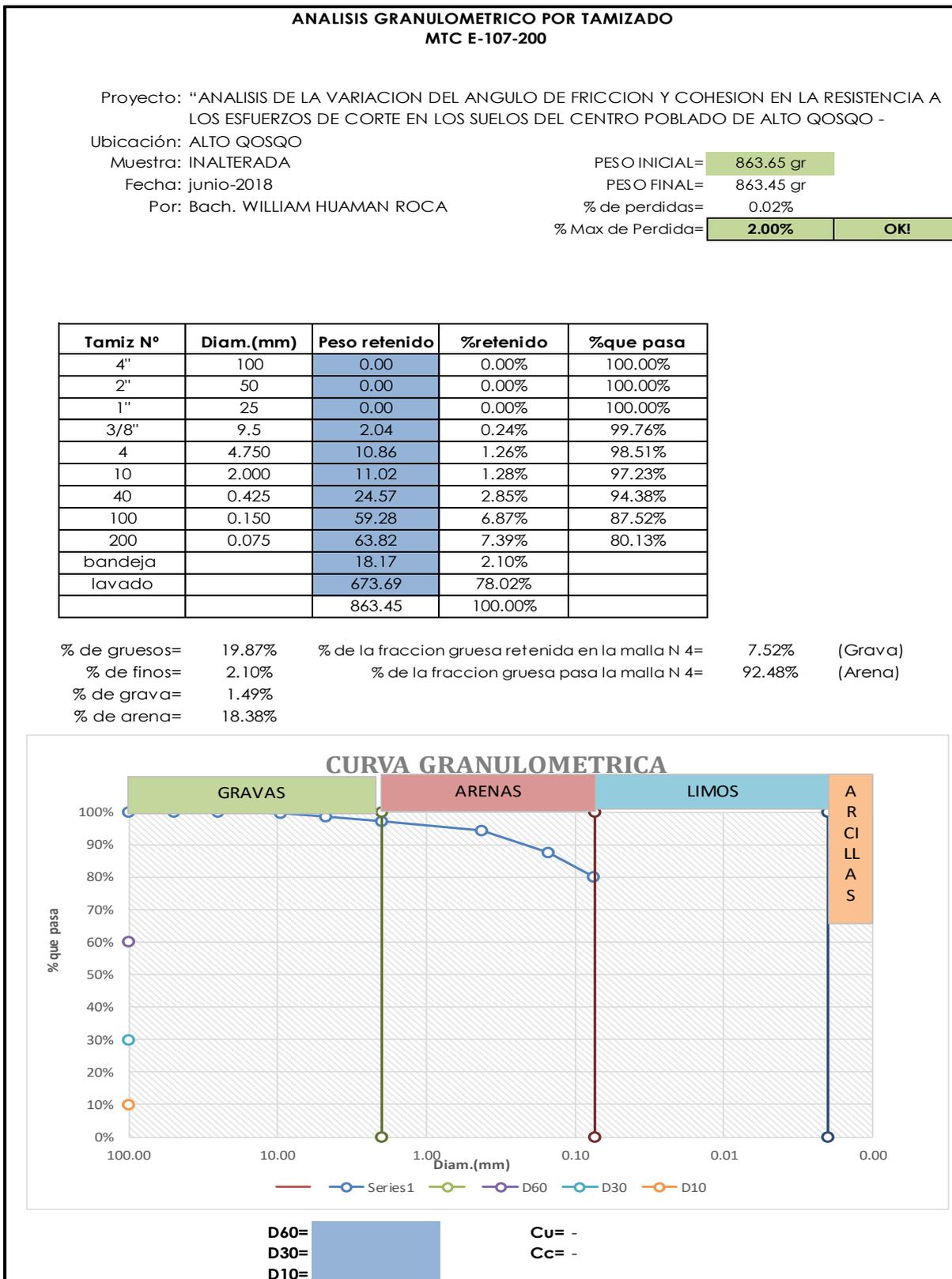
**Tabla 19: Resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.5.2. Granulometría

**Tabla 20: Procesamiento de datos de la granulometría**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.5.3. Límites de Consistencia

Tabla 21: Límites de consistencia

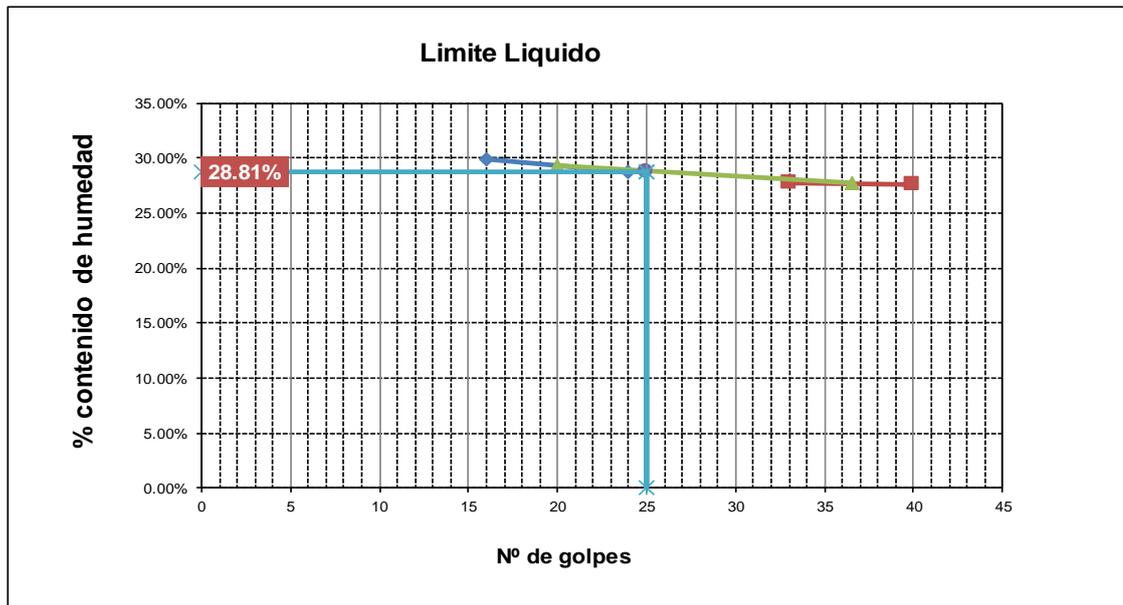
#### LIMITES DE CONSISTENCIA

##### LIMITE PLASTICO

N° de lata	1	2	3
peso de suelo humedo + lata(g)	15.72	14.19	13.61
peso de suelo seco + lata(gr)	15.63	14.08	13.47
peso de lata(gr)	15.01	13.31	12.51
peso de suelo seco(gr)	0.62	0.77	0.96
peso de suelo humedo(gr)	0.71	0.88	1.10
peso de agua(gr)	0.09	0.11	0.14
contenido de humedad	14.52%	14.29%	14.58%

##### LIMITE LIQUIDO MTC E-110

N° de lata	1	2	3	4
peso de suelo humedo + lata(g)	19.52	20.35	18.75	18.28
peso de suelo seco + lata(gr)	17.97	18.70	17.25	16.94
peso de lata(gr)	12.78	12.96	11.84	12.09
peso de suelo seco(gr)	5.19	5.74	5.41	4.85
peso de suelo humedo(gr)	6.74	7.39	6.91	6.19
peso de agua(gr)	1.55	1.65	1.50	1.34
contenido de humedad	29.87%	28.75%	27.73%	27.63%
Numero de golpes;N	16	24	33	40
LL aproximado	28.30%	28.60%	28.67%	29.25%



LL= 28.81%  
 LP= 14.46%  
 IP= 14.35%

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.5.4. Corte Directo en Laboratorio

**Tabla 22: Corte directo en laboratorio con una carga de 4kg**

<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO</b>									
<b>NTP 339.171 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)</b>									
Tesis: "ANÁLISIS DE LA VARIACION DEL ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"									
Por: Bach. WILLIAM HUAMAN ROCA									
Ubicación: ALTO QOSQO									
Fecha: junio-2018									
Forma: Redonda									
Tipo : Inalterada									
					Peso del anillo	=	120.84 gr		
					Velocidad de Ensayo	=	0.50 mm/min		
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>					<b>DENSIDAD DE LA MUESTRA</b>				
Diametro o Lado	D=	5.10 cm			Peso= 137.34 gr				
Area	A=	20.43 cm <sup>2</sup>			Peso Unitario Humedo= #####				
Altura	H=	2.00 cm			Contenido de Humedad= 12.56%				
Volumen	V=	40.86 cm <sup>3</sup>			Peso Unitario Seco= #####				
<b>VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4.00 KG</b>									
DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm <sup>2</sup>	AREA CORREGID A cm <sup>2</sup>	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL Kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.0000	0.000	4.000	5.100	20.428	20.43	0.000	0.979
0.10	-0.003	0.0100	0.061	4.000	5.100	20.428	20.43	0.003	0.979
0.20	-0.004	0.0200	1.448	4.000	5.100	20.428	20.42	0.071	0.979
0.30	-0.004	0.0300	3.610	4.000	5.100	20.428	20.41	0.178	0.980
0.40	-0.004	0.0400	5.282	4.000	5.100	20.428	20.40	0.260	0.980
0.50	-0.004	0.0500	6.710	4.000	5.100	20.428	20.39	0.331	0.981
0.60	-0.004	0.0600	7.933	4.000	5.100	20.428	20.38	0.392	0.981
0.70	-0.004	0.0700	8.994	4.000	5.100	20.428	20.37	0.445	0.982
0.80	-0.004	0.0800	10.014	4.000	5.100	20.428	20.36	0.496	0.982
0.90	-0.004	0.0900	10.911	4.000	5.100	20.428	20.35	0.542	0.983
1.00	-0.004	0.1000	11.829	4.000	5.100	20.428	20.33	0.588	0.984
1.20	-0.004	0.1200	12.583	4.000	5.100	20.428	20.30	0.628	0.985
1.40	-0.004	0.1400	14.174	4.000	5.100	20.428	20.27	0.710	0.987
1.60	-0.004	0.1600	15.561	4.000	5.100	20.428	20.24	0.782	0.988
1.80	-0.004	0.1800	16.764	4.000	5.100	20.428	20.20	0.845	0.990
2.00	-0.004	0.2000	17.865	4.000	5.100	20.428	20.16	0.903	0.992
2.50	-0.004	0.2500	18.906	4.000	5.100	20.428	20.06	0.964	0.997
3.00	-0.017	0.3000	21.230	4.000	5.100	20.428	19.94	1.091	1.003
3.50	-0.026	0.3500	23.209	4.000	5.100	20.428	19.82	1.203	1.009
4.00	-0.034	0.4000	25.044	4.000	5.100	20.428	19.68	1.309	1.016
4.50	-0.038	0.4500	26.696	4.000	5.100	20.428	19.54	1.407	1.023
5.00	-0.043	0.5000	28.389	4.000	5.100	20.428	19.40	1.509	1.031
5.50	-0.047	0.5500	29.837	4.000	5.100	20.428	19.24	1.600	1.039
6.00	-0.051	0.6000	30.795	4.000	5.100	20.428	19.08	1.666	1.048
6.50	-0.057	0.6500	31.550	4.000	5.100	20.428	18.91	1.722	1.058
7.00	-0.062	0.7000	32.039	4.000	5.100	20.428	18.74	1.764	1.067
7.50	-0.066	0.7500	32.223	4.000	5.100	20.428	18.56	1.790	1.078
8.00	-0.071	0.8000	32.101	4.000	5.100	20.428	18.38	1.800	1.088

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 23: Corte directo con una carga de 8kg**

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE									8.00 KG
DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm2	AREA CORREGID A cm2	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm2	ESFUERZO NORMAL Kg/cm2
0.00	0.000	0.0000	0.000	8.000	5.100	20.428	20.43	0.000	1.958
0.10	-0.020	0.0100	0.387	8.000	5.100	20.428	20.43	0.019	1.958
0.20	-0.037	0.0200	1.652	8.000	5.100	20.428	20.42	0.081	1.959
0.30	-0.051	0.0300	2.937	8.000	5.100	20.428	20.41	0.144	1.960
0.40	-0.063	0.0400	2.916	8.000	5.100	20.428	20.40	0.144	1.960
0.50	-0.070	0.0500	2.937	8.000	5.100	20.428	20.39	0.145	1.961
0.60	-0.084	0.0600	2.937	8.000	5.100	20.428	20.38	0.145	1.962
0.70	-0.095	0.0700	2.937	8.000	5.100	20.428	20.37	0.145	1.963
0.80	-0.106	0.0800	2.937	8.000	5.100	20.428	20.36	0.146	1.965
0.90	-0.119	0.0900	2.937	8.000	5.100	20.428	20.35	0.146	1.966
1.00	-0.128	0.1000	2.937	8.000	5.100	20.428	20.33	0.146	1.967
1.20	-0.142	0.1200	2.937	8.000	5.100	20.428	20.30	0.147	1.970
1.40	-0.154	0.1400	2.937	8.000	5.100	20.428	20.27	0.147	1.973
1.60	-0.163	0.1600	2.937	8.000	5.100	20.428	20.24	0.148	1.977
1.80	-0.177	0.1800	2.937	8.000	5.100	20.428	20.20	0.148	1.980
2.00	-0.186	0.2000	2.937	8.000	5.100	20.428	20.16	0.149	1.984
2.50	-0.197	0.2500	2.937	8.000	5.100	20.428	20.06	0.151	1.994
3.00	-0.212	0.3000	2.937	8.000	5.100	20.428	19.94	0.152	2.006
3.50	-0.219	0.3500	8.219	8.000	5.100	20.428	19.82	0.426	2.018
4.00	-0.236	0.4000	15.010	8.000	5.100	20.428	19.68	0.785	2.032
4.50	-0.243	0.4500	20.007	8.000	5.100	20.428	19.54	1.055	2.047
5.00	-0.258	0.5000	23.474	8.000	5.100	20.428	19.40	1.248	2.062
5.50	-0.266	0.5500	26.655	8.000	5.100	20.428	19.24	1.429	2.079
6.00	-0.281	0.6000	29.898	8.000	5.100	20.428	19.08	1.617	2.097
6.50	-0.292	0.6500	32.407	8.000	5.100	20.428	18.91	1.769	2.115
7.00	-0.304	0.7000	34.426	8.000	5.100	20.428	18.74	1.896	2.135
7.50	-0.316	0.7500	36.016	8.000	5.100	20.428	18.56	2.001	2.155
8.00	-0.328	0.8000	37.281	8.000	5.100	20.428	18.38	2.090	2.177
8.50	-0.339	0.8500	38.484	8.000	5.100	20.428	18.19	2.177	2.199
9.00	-0.351	0.9000	39.259	8.000	5.100	20.428	18.00	2.242	2.222
9.50	-0.363	0.9500	39.973	8.000	5.100	20.428	17.80	2.304	2.247
10.00	-0.375	1.0000	40.442	8.000	5.100	20.428	17.60	2.353	2.273
10.50	-0.387	1.0500	40.727	8.000	5.100	20.428	17.40	2.392	2.299
11.00	-0.399	1.1000	40.911	8.000	5.100	20.428	17.19	2.426	2.327
11.50	-0.411	1.1500	41.095	8.000	5.100	20.428	16.98	2.460	2.356
12.00	-0.422	1.2000	41.237	8.000	5.100	20.428	16.76	2.493	2.386
12.50	-0.434	1.2500	41.278	8.000	5.100	20.428	16.54	2.520	2.418
13.00	-0.446	1.3000	41.217	8.000	5.100	20.428	16.32	2.541	2.450
13.50	-0.458	1.3500	41.179	8.000	5.100	20.428	16.10	2.564	2.484

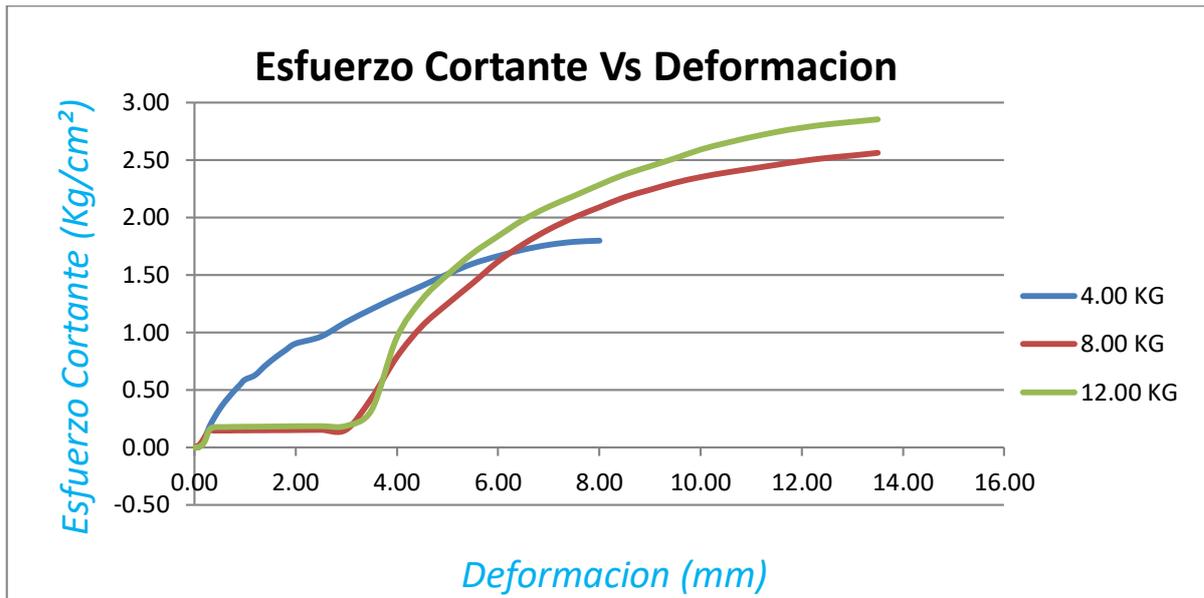
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Corte directo con una carga de 12kg

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE									12.00 KG
DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm2	AREA CORREGID A cm2	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm2	ESFUERZO NORMAL Kg/cm2
0.00	0.000	0.0000	0.000	12.000	5.100	20.428	20.43	0.000	2.937
0.10	-0.003	0.0100	0.122	12.000	5.100	20.428	20.43	0.006	2.938
0.20	-0.009	0.0200	0.938	12.000	5.100	20.428	20.42	0.046	2.938
0.30	-0.021	0.0300	3.161	12.000	5.100	20.428	20.41	0.155	2.939
0.40	-0.035	0.0400	3.569	12.000	5.100	20.428	20.40	0.176	2.941
0.50	-0.052	0.0500	3.610	12.000	5.100	20.428	20.39	0.178	2.942
0.60	-0.065	0.0600	3.610	12.000	5.100	20.428	20.38	0.178	2.943
0.70	-0.087	0.0700	3.610	12.000	5.100	20.428	20.37	0.179	2.945
0.80	-0.105	0.0800	3.630	12.000	5.100	20.428	20.36	0.180	2.947
0.90	-0.120	0.0900	3.630	12.000	5.100	20.428	20.35	0.180	2.949
1.00	-0.128	0.1000	3.630	12.000	5.100	20.428	20.33	0.181	2.951
1.20	-0.137	0.1200	3.630	12.000	5.100	20.428	20.30	0.181	2.955
1.40	-0.153	0.1400	3.630	12.000	5.100	20.428	20.27	0.182	2.960
1.60	-0.164	0.1600	3.651	12.000	5.100	20.428	20.24	0.183	2.965
1.80	-0.167	0.1800	3.651	12.000	5.100	20.428	20.20	0.184	2.970
2.00	-0.171	0.2000	3.651	12.000	5.100	20.428	20.16	0.185	2.976
2.50	-0.172	0.2500	3.651	12.000	5.100	20.428	20.06	0.186	2.991
3.00	-0.172	0.3000	3.651	12.000	5.100	20.428	19.94	0.188	3.009
3.50	-0.172	0.3500	6.241	12.000	5.100	20.428	19.82	0.323	3.028
4.00	-0.174	0.4000	18.273	12.000	5.100	20.428	19.68	0.955	3.048
4.50	-0.178	0.4500	24.412	12.000	5.100	20.428	19.54	1.287	3.070
5.00	-0.181	0.5000	28.226	12.000	5.100	20.428	19.40	1.501	3.094
5.50	-0.182	0.5500	31.468	12.000	5.100	20.428	19.24	1.688	3.118
6.00	-0.196	0.6000	33.957	12.000	5.100	20.428	19.08	1.837	3.145
6.50	-0.195	0.6500	36.282	12.000	5.100	20.428	18.91	1.980	3.173
7.00	-0.199	0.7000	38.015	12.000	5.100	20.428	18.74	2.093	3.202
7.50	-0.204	0.7500	39.361	12.000	5.100	20.428	18.56	<b>2.187</b>	3.233
8.00	-0.208	0.8000	40.727	12.000	5.100	20.428	18.38	2.283	3.265
8.50	-0.212	0.8500	41.951	12.000	5.100	20.428	18.19	2.373	3.298
9.00	-0.216	0.9000	42.808	12.000	5.100	20.428	18.00	2.444	3.334
9.50	-0.220	0.9500	43.644	12.000	5.100	20.428	17.80	2.515	3.371
10.00	-0.225	1.0000	44.521	12.000	5.100	20.428	17.60	2.590	3.409
10.50	-0.229	1.0500	45.071	12.000	5.100	20.428	17.40	2.647	3.449
11.00	-0.233	1.1000	45.500	12.000	5.100	20.428	17.19	2.698	3.491
11.50	-0.237	1.1500	45.826	12.000	5.100	20.428	16.98	2.743	3.534
12.00	-0.241	1.2000	45.989	12.000	5.100	20.428	16.76	2.780	3.579
12.50	-0.246	1.2500	46.010	12.000	5.100	20.428	16.54	2.809	3.627
13.00	-0.250	1.3000	45.908	12.000	5.100	20.428	16.32	2.831	3.676
13.50	-0.254	1.3500	45.806	12.000	5.100	20.428	16.10	2.853	3.727

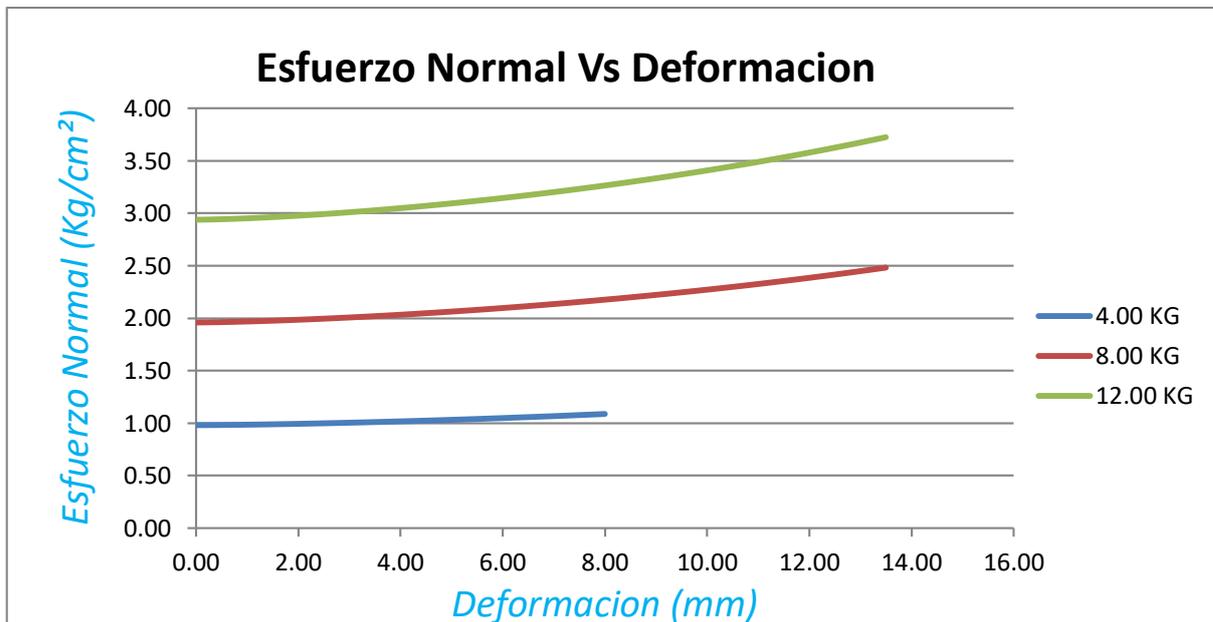
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1: Esfuerzo cortante vs deformación



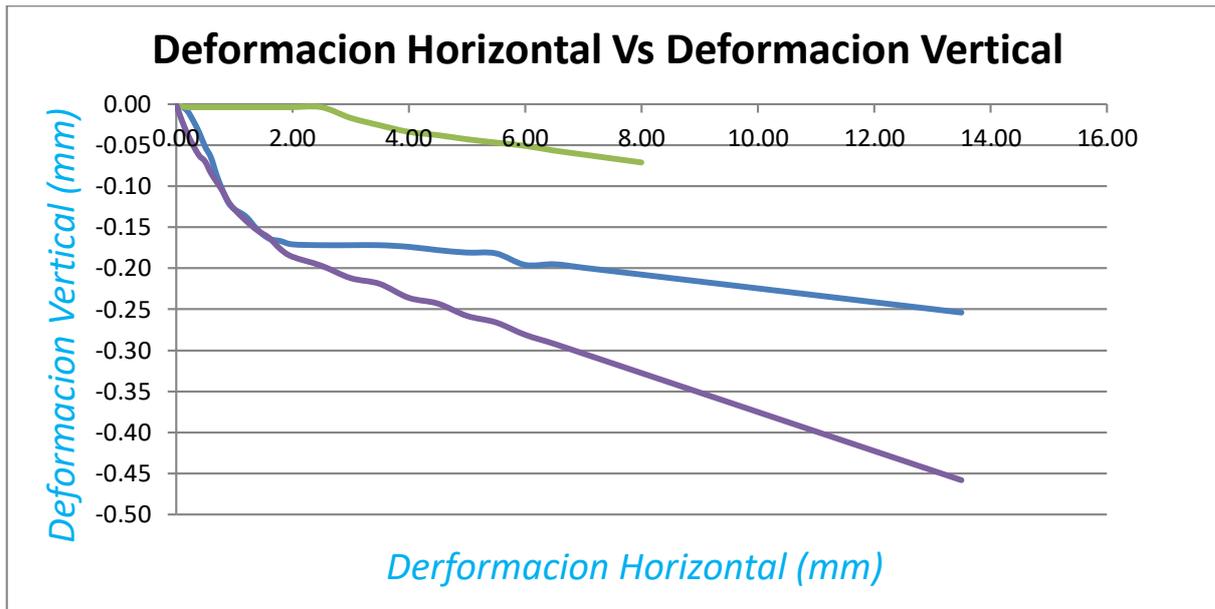
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2: Esfuerzo normal vs deformación



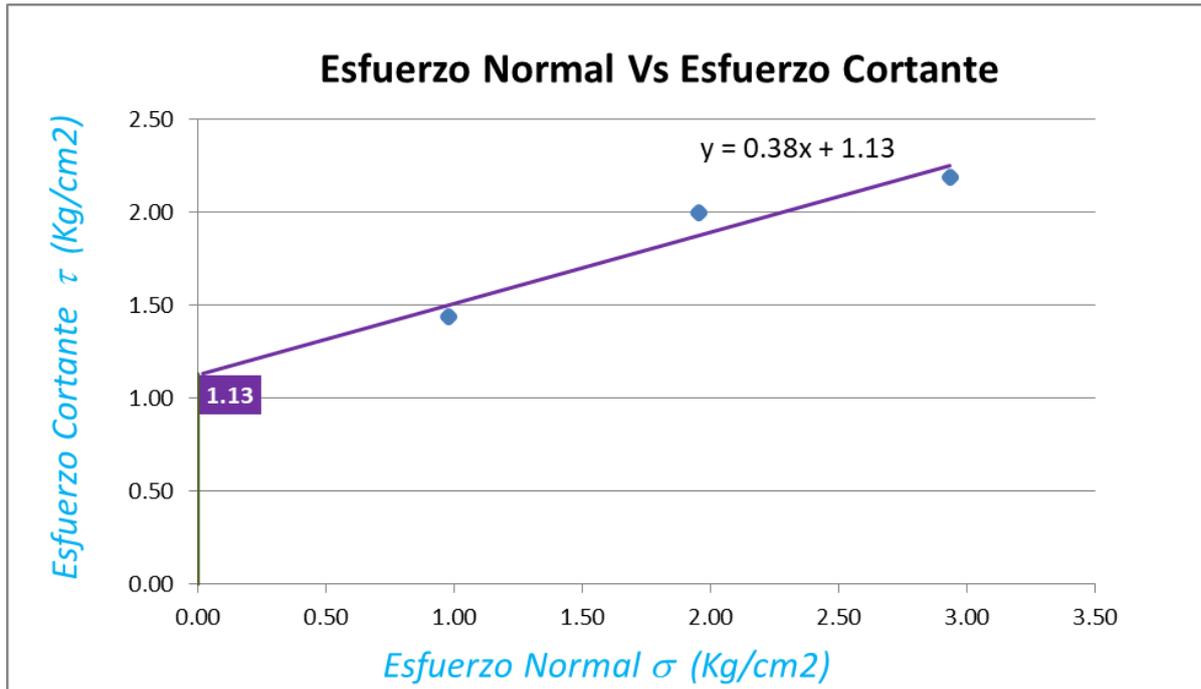
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Deformación horizontal vs deformación vertical



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4: Esfuerzo normal vs esfuerzo cortante



Fuente: Elaboración propio

**Tabla 25: Parámetros del ensayo de corte directo en laboratorio**

Parametros obtenidos:	
Cohesión ( C ) =	1.13 Kg/cm <sup>2</sup>
Tan ( $\phi$ ) =	0.38
Angulo de Fricción ( $\phi$ ) =	20.90 °

**3.5.5.5. Corte Directo en Campo****A) CON 03 BLOQUES****Tabla 26: Corte directo en campo con una carga de 5000kg****ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN - SITU**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA									
Diametro o lado (cm) :	50	Humedad (%) :	12.56						
Altura (cm) :	30	Densidad Seca (grs/cm <sup>3</sup> ) :	2.985						
Area (cm <sup>2</sup> ) :	2500								
Volumen (cm <sup>3</sup> ) :	75000								

APLICACIONES DE CARGA									
VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE <b>5000 kg</b>									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0000	0.0000	0.0000	0.00	5000.00	2500.00	0.0000	28.4466	0.0000	2.0000
-0.0010	1.0000	0.1000	2109.22	5000.00	2495.00	20.0000	28.5036	1.4061	2.0040
-0.0050	2.0000	0.2000	2952.90	5000.00	2490.00	28.0000	28.5608	1.9686	2.0080
-0.0080	3.0000	0.3000	3691.13	5000.00	2485.00	35.0000	28.6183	2.4608	2.0121
-0.0100	4.0000	0.4000	4218.43	5000.00	2480.00	40.0000	28.6760	2.8123	2.0161
-0.0300	6.0000	0.6000	4851.19	5000.00	2470.00	46.0000	28.7921	3.2341	2.0243
-0.0500	7.0000	0.7000	5273.04	5000.00	2465.00	50.0000	28.8505	3.5154	2.0284
-0.0700	8.0000	0.8000	6116.72	5000.00	2460.00	58.0000	28.9091	4.0778	2.0325
-0.0900	9.0000	0.9000	6854.95	5000.00	2455.00	65.0000	28.9680	4.5700	2.0367
-0.1000	10.0000	1.0000	7487.71	5000.00	2450.00	71.0000	29.0271	4.9918	2.0408
-0.1500	11.0000	1.1000	8436.8606	5000.00	2445.00	80.0000	29.0865	5.6246	2.0450

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 27: Corte directo con una carga de 10000kg**

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 10000 kg									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0000	0.0000	0.0000	0.00	10000.00	2500.00	0.0000	56.8932	0.0000	4.0000
-0.0010	1.0000	0.1000	1581.91	10000.00	2495.00	15.0000	57.0072	1.0546	4.0080
-0.0050	1.5000	0.1500	2003.75	10000.00	2492.50	19.0000	57.0644	1.3358	4.0120
-0.0080	2.0000	0.2000	2531.06	10000.00	2490.00	24.0000	57.1217	1.6874	4.0161
-0.0100	2.5000	0.2500	3058.36	10000.00	2487.50	29.0000	57.1791	2.0389	4.0201
-0.0300	3.0000	0.3000	3585.67	10000.00	2485.00	34.0000	57.2366	2.3904	4.0241
-0.0500	3.5000	0.3500	4112.97	10000.00	2482.50	39.0000	57.2943	2.7420	4.0282
-0.0700	4.0000	0.4000	4640.27	10000.00	2480.00	44.0000	57.3520	3.0935	4.0323
-0.0900	4.5000	0.4500	5273.04	10000.00	2477.50	50.0000	57.4099	3.5154	4.0363
-0.1000	5.0000	0.5000	5905.80	10000.00	2475.00	56.0000	57.4679	3.9372	4.0404
-0.1500	6.0000	0.6000	6327.65	10000.00	2470.00	60.0000	57.5842	4.2184	4.0486
-0.1800	7.0000	0.7000	7171.33	10000.00	2465.00	68.0000	57.7010	4.7809	4.0568
-0.1850	8.0000	0.8000	7909.56	10000.00	2460.00	75.0000	57.8183	5.2730	4.0650
-0.1900	9.0000	0.9000	8753.24	10000.00	2455.00	83.0000	57.9360	5.8355	4.0733
-0.1950	10.0000	1.0000	9386.01	10000.00	2450.00	89.0000	58.0543	6.2573	4.0816
-0.2000	11.0000	1.1000	10018.77	10000.00	2445.00	95.0000	58.1730	6.6792	4.0900
-0.2500	12.0000	1.2000	11073.38	10000.00	2440.00	105.0000	58.2922	7.3823	4.0984
-0.2800	13.0000	1.3000	11811.60	10000.00	2435.00	112.0000	58.4119	7.8744	4.1068
-0.3000	14.0000	1.4000	12655.29	10000.00	2430.00	120.0000	58.5321	8.4369	4.1152
-0.3600	15.0000	1.5000	13709.90	10000.00	2425.00	130.0000	58.6528	9.1399	4.1237

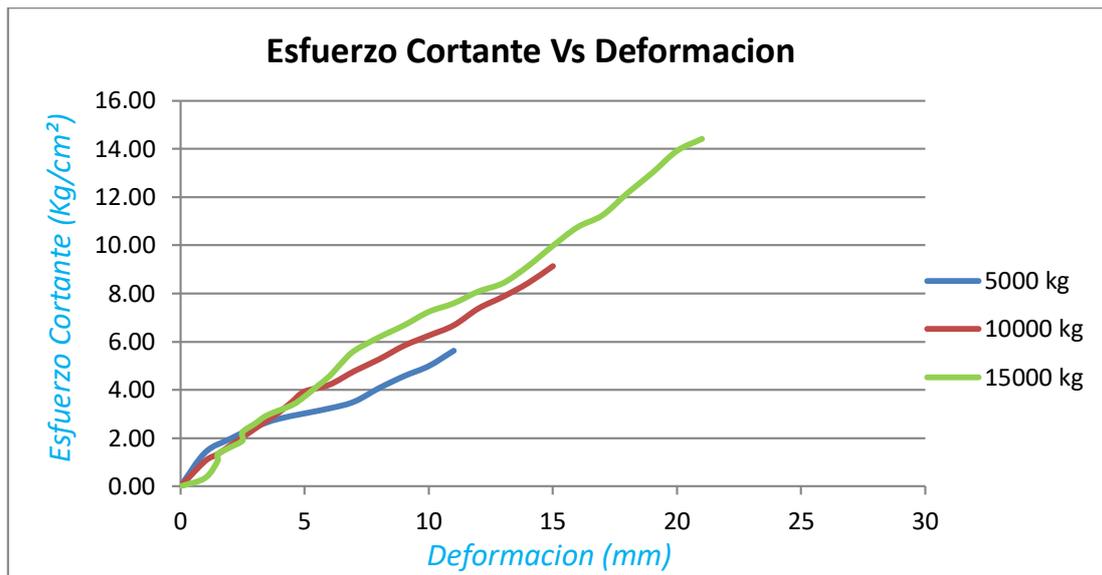
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 28: Corte directo con una carga de 15000kg**

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 15000 kg									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0000	0.0000	0.0000	0.00	15000.00	2500.00	0.0000	85.3398	0.0000	6.0000
-0.0010	1.0000	0.1000	527.30	15000.00	2495.00	5.0000	85.5108	0.3515	6.0120
-0.0050	1.5000	0.1500	1581.91	15000.00	2492.50	15.0000	85.5966	1.0546	6.0181
-0.0080	1.5000	0.1500	2003.75	15000.00	2492.50	19.0000	85.5966	1.3358	6.0181
-0.0100	2.0000	0.2000	2425.60	15000.00	2490.00	23.0000	85.6825	1.6171	6.0241
-0.0300	2.5000	0.2500	2847.44	15000.00	2487.50	27.0000	85.7686	1.8983	6.0302
-0.0500	2.5000	0.2500	3374.74	15000.00	2487.50	32.0000	85.7686	2.2498	6.0302
-0.0700	3.0000	0.3000	3902.05	15000.00	2485.00	37.0000	85.8549	2.6014	6.0362
-0.0900	3.5000	0.3500	4429.35	15000.00	2482.50	42.0000	85.9414	2.9529	6.0423
-0.1000	4.5000	0.4500	5062.12	15000.00	2477.50	48.0000	86.1148	3.3747	6.0545
-0.1500	5.0000	0.5000	5589.42	15000.00	2475.00	53.0000	86.2018	3.7263	6.0606
-0.1800	5.5000	0.5500	6222.18	15000.00	2472.50	59.0000	86.2890	4.1481	6.0667
-0.1850	6.0000	0.6000	6854.95	15000.00	2470.00	65.0000	86.3763	4.5700	6.0729
-0.1900	6.5000	0.6500	7698.64	15000.00	2467.50	73.0000	86.4638	5.1324	6.0790
-0.1950	7.0000	0.7000	8436.86	15000.00	2465.00	80.0000	86.5515	5.6246	6.0852
-0.2000	8.0000	0.8000	9280.55	15000.00	2460.00	88.0000	86.7274	6.1870	6.0976
-0.2500	9.0000	0.9000	10018.77	15000.00	2455.00	95.0000	86.9041	6.6792	6.1100
-0.2800	10.0000	1.0000	10862.46	15000.00	2450.00	103.0000	87.0814	7.2416	6.1224
-0.3000	11.0000	1.1000	11389.76	15000.00	2445.00	108.0000	87.2595	7.5932	6.1350
-0.3600	12.0000	1.2000	12127.99	15000.00	2440.00	115.0000	87.4383	8.0853	6.1475
-0.4000	13.0000	1.3000	12655.29	15000.00	2435.00	120.0000	87.6179	8.4369	6.1602
-0.4500	14.0000	1.4000	13709.90	15000.00	2430.00	130.0000	87.7981	9.1399	6.1728
-0.5000	15.0000	1.5000	14975.43	15000.00	2425.00	142.0000	87.9792	9.9836	6.1856
-0.5500	16.0000	1.6000	16135.50	15000.00	2420.00	153.0000	88.1610	10.7570	6.1983
-0.6000	17.0000	1.7000	16873.72	15000.00	2415.00	160.0000	88.3435	11.2491	6.2112
-0.6800	18.0000	1.8000	18244.71	15000.00	2410.00	173.0000	88.5268	12.1631	6.2241
-0.7000	19.0000	1.9000	19510.24	15000.00	2405.00	185.0000	88.7108	13.0068	6.2370
-0.7600	20.0000	2.0000	20881.23	15000.00	2400.00	198.0000	88.8956	13.9208	6.2500
-0.8000	21.0000	2.1000	21619.46	15000.00	2395.00	205.0000	89.0812	14.4130	6.2630

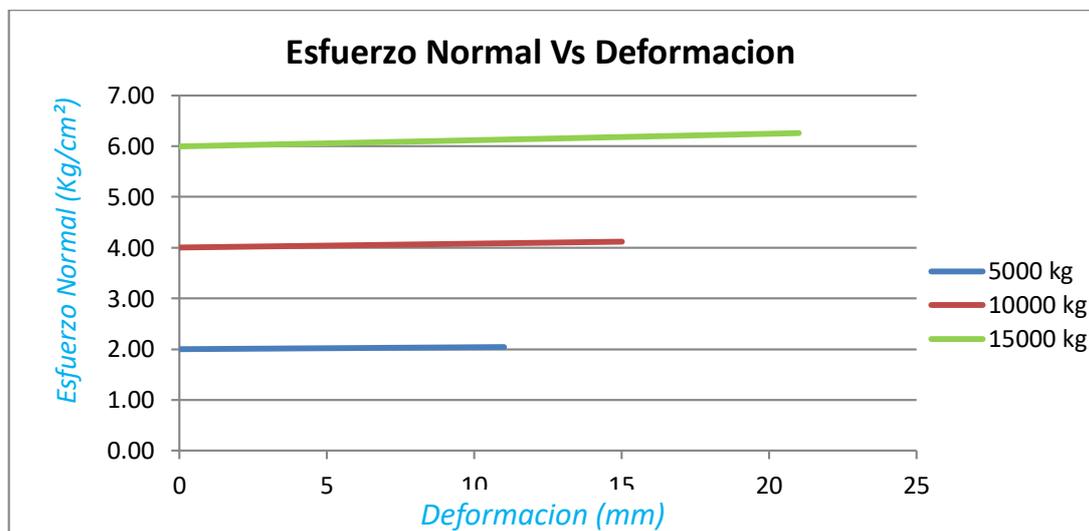
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 5: Esfuerzo cortante vs deformación**



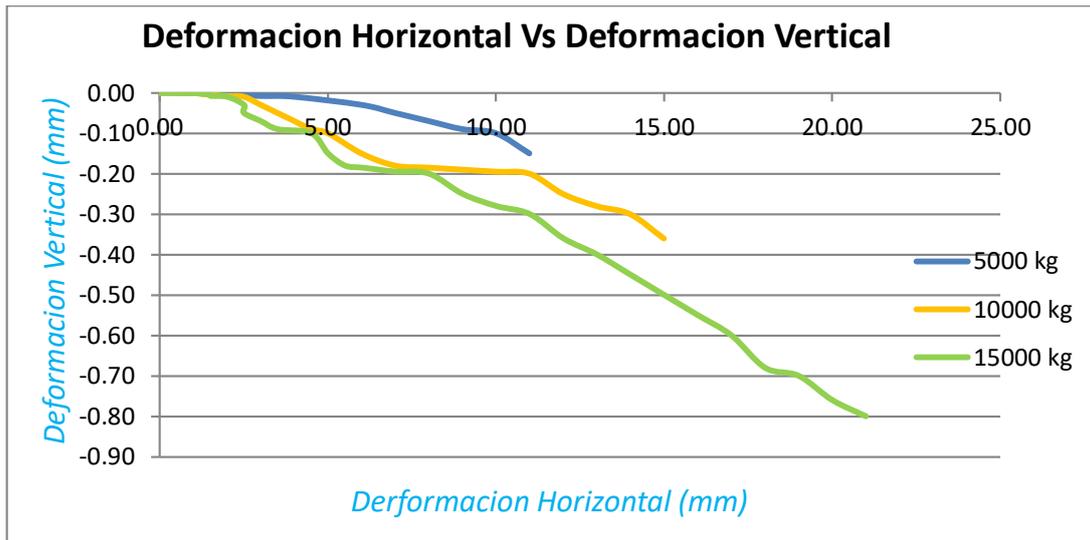
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 6: Esfuerzo normal vs deformación**



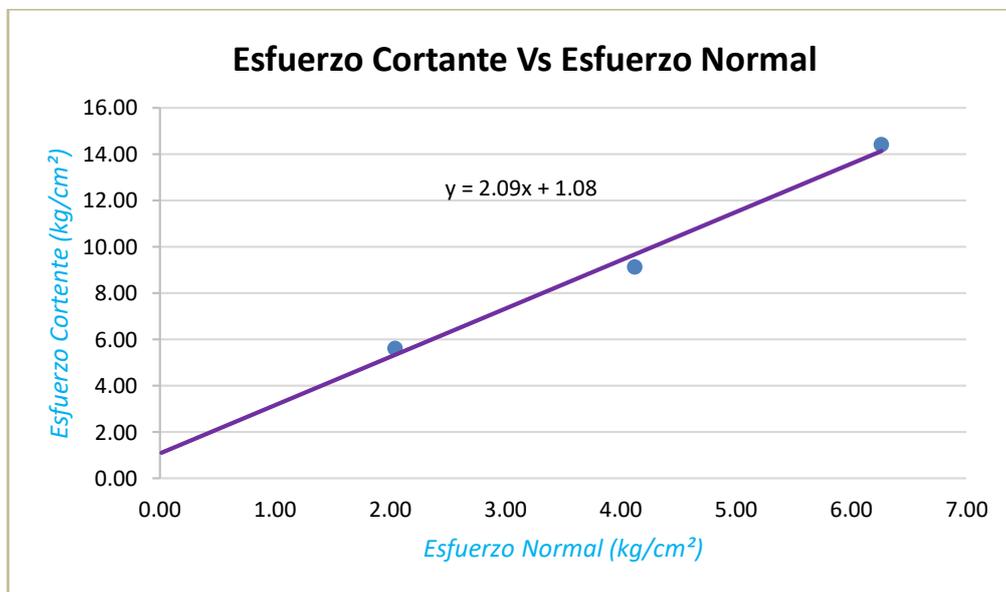
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7: Deformación horizontal vs deformación vertical



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8: Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Parámetros obtenidos

Parametros obtenidos:	
Cohesión ( C ) =	1.08 kg/cm <sup>2</sup>
Tan ( φ ) =	0.48
Angulo de Fricción ( φ ) =	25.62 °

## B) CON 01 BLOQUE

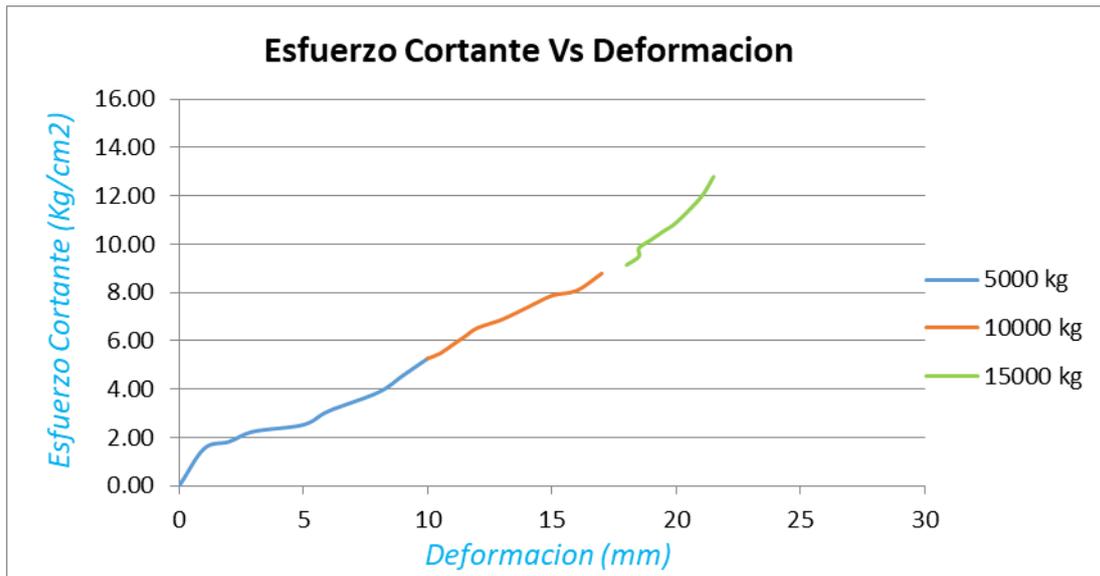
### Tabla 30: Corte directo con una sola muestra

#### ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN - SITU

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA									
Diametro o lado (cm) :	50	Humedad (%) :	12.56						
Altura (cm) :	30	Densidad Seca (grs/cm <sup>3</sup> ) :	2.985						
Area (cm <sup>2</sup> ) :	2500								
Volumen (cm <sup>3</sup> ) :	75000								
APLICACIONES DE CARGA									
Deformacion Vertical (mm)	Deformacion Horizontal (mm)	Deformacion (cm)	Carga Cortante (kg)	Carga Normal (kg)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Cortante (PSI)	Esfuerzo Normal (PSI)	Esfuerzo Cortante (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )
CARGA INICIAL DE :			5000 kg						
0.0000	0.0000	0.0000	0.00	5000.00	2500.00	0.0000	28.4466	0.0000	2.0000
-0.0010	1.0000	0.1000	2320.14	5000.00	2495.00	22.0000	28.5036	1.5468	2.0040
-0.0050	2.0000	0.2000	2741.98	5000.00	2490.00	26.0000	28.5608	1.8280	2.0080
-0.0080	3.0000	0.3000	3374.74	5000.00	2485.00	32.0000	28.6183	2.2498	2.0121
-0.0100	5.0000	0.5000	3796.59	5000.00	2475.00	36.0000	28.7339	2.5311	2.0202
-0.0300	6.0000	0.6000	4640.27	5000.00	2470.00	44.0000	28.7921	3.0935	2.0243
-0.0500	8.0000	0.8000	5800.34	5000.00	2460.00	55.0000	28.9091	3.8669	2.0325
-0.0700	9.0000	0.9000	6854.95	5000.00	2455.00	65.0000	28.9680	4.5700	2.0367
-0.0900	10.0000	1.0000	7909.56	5000.00	2450.00	75.0000	29.0271	5.2730	2.0408
INCREMENTO DE CARGA A :			10000 kg						
-0.2000	10.0000	1.0000	7909.56	10000.00	2450.00	75.0000	58.0543	5.2730	4.0816
-0.2500	10.5000	1.0500	8225.94	10000.00	2447.50	78.0000	58.1136	5.4840	4.0858
-0.3000	11.0000	1.1000	8753.24	10000.00	2445.00	83.0000	58.1730	5.8355	4.0900
-0.3500	11.5000	1.1500	9280.55	10000.00	2442.50	88.0000	58.2325	6.1870	4.0942
-0.4000	12.0000	1.2000	9807.85	10000.00	2440.00	93.0000	58.2922	6.5386	4.0984
-0.4500	13.0000	1.3000	10335.15	10000.00	2435.00	98.0000	58.4119	6.8901	4.1068
-0.5000	14.0000	1.4000	11073.38	10000.00	2430.00	105.0000	58.5321	7.3823	4.1152
-0.5500	15.0000	1.5000	11811.60	10000.00	2425.00	112.0000	58.6528	7.8744	4.1237
-0.6000	16.0000	1.6000	12127.99	10000.00	2420.00	115.0000	58.7740	8.0853	4.1322
-0.6500	17.0000	1.7000	13182.59	10000.00	2415.00	125.0000	58.8957	8.7884	4.1408
INCREMENTO DE CARGA A :			15000 kg						
-1.0000	18.0000	1.8000	13709.90	15000.00	2410.00	130.0000	88.5268	9.1399	6.2241
-1.0500	18.5000	1.8500	14237.20	15000.00	2407.50	135.0000	88.6187	9.4915	6.2305
-1.1000	18.5000	1.8500	14764.51	15000.00	2407.50	140.0000	88.6187	9.8430	6.2305
-1.1500	19.0000	1.9000	15291.81	15000.00	2405.00	145.0000	88.7108	10.1945	6.2370
-1.2000	19.5000	1.9500	15819.11	15000.00	2402.50	150.0000	88.8031	10.5461	6.2435
-1.2500	20.0000	2.0000	16346.42	15000.00	2400.00	155.0000	88.8956	10.8976	6.2500
-1.3000	21.0000	2.1000	17928.33	15000.00	2395.00	170.0000	89.0812	11.9522	6.2630
-1.3500	21.5000	2.1500	19193.86	15000.00	2392.50	182.0000	89.1743	12.7959	6.2696
-1.5000	21.5000	2.1500	20459.39	15000.00	2392.50	194.0000	89.1743	13.6396	6.2696

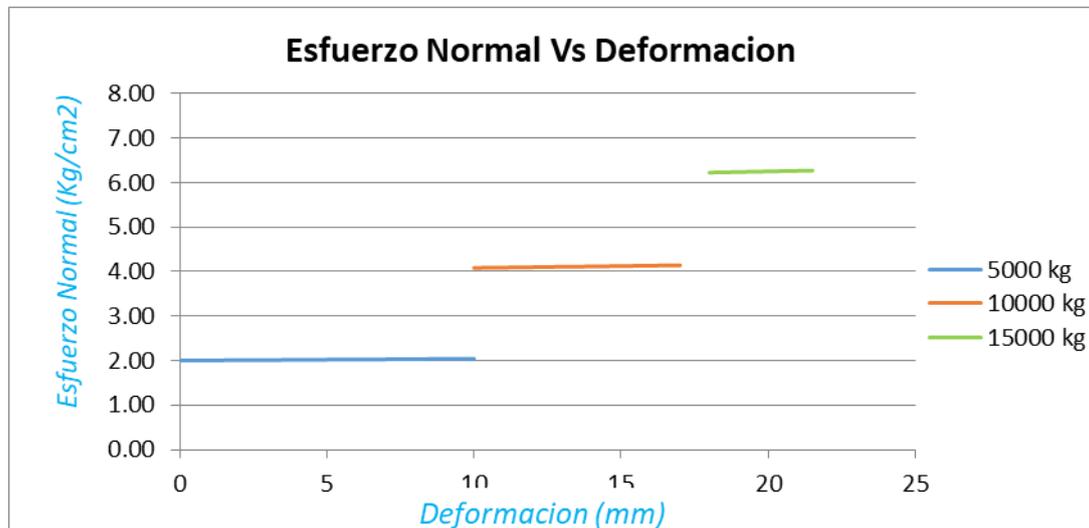
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9: Esfuerzo cortante vs deformación

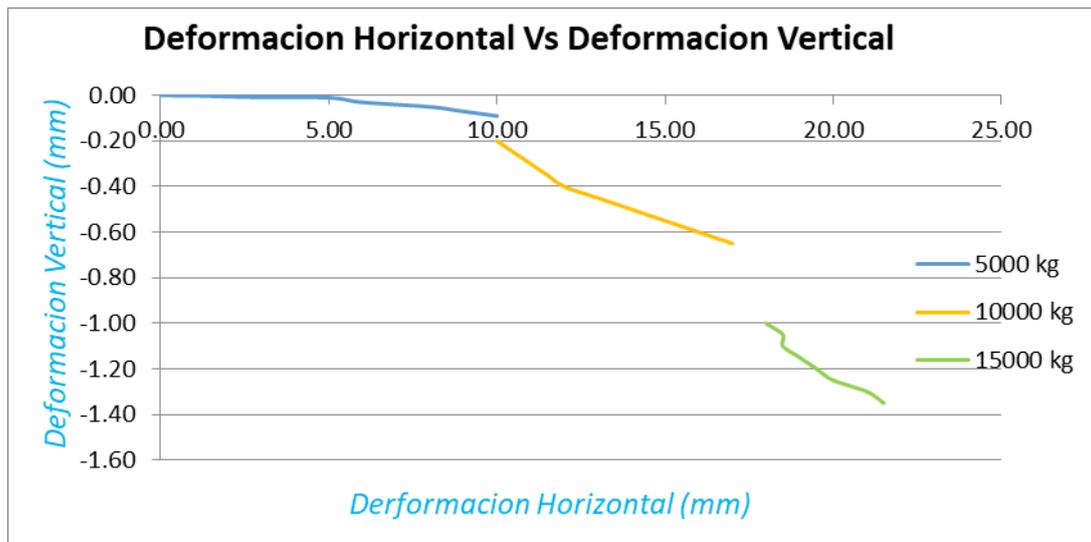


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10: Esfuerzo normal vs deformación



Fuente: Elaboración propia.

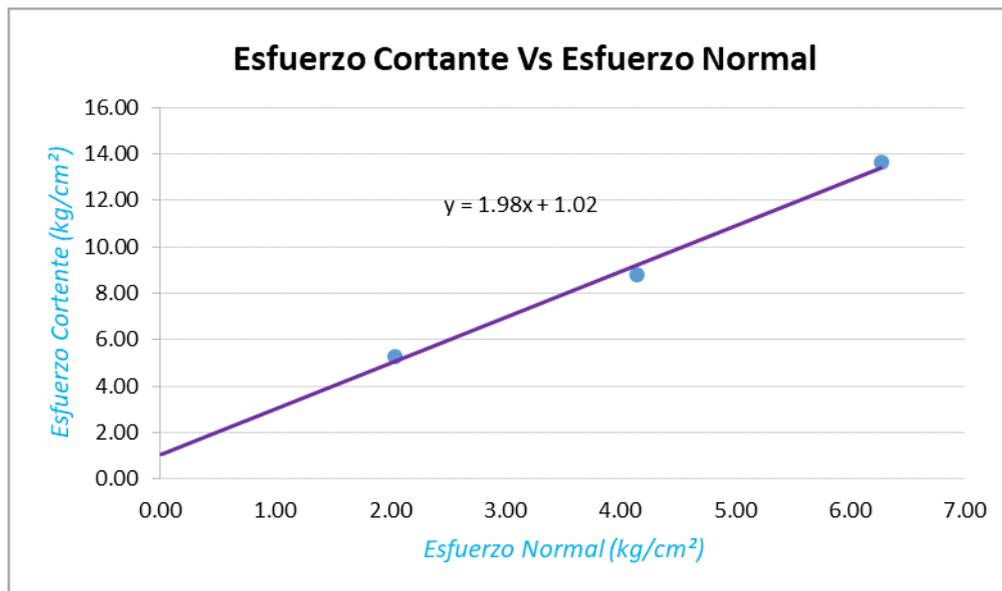
**Gráfico 11: Deformación horizontal vs deformación vertical**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31: Resumen de esfuerzos aplicados**

Carga kg	Esfuerzo normal Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo cortante Kg/cm <sup>2</sup>
5000	2.04	4.92
10000	4.14	8.44
15000	6.32	14.06

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 12: Esfuerzo cortante vs esfuerzo normal**

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 32: Parámetros**

Parámetros obtenidos:	
Cohesion ( C ) =	1.02 $\text{kg/cm}^2$
Tan ( $\phi$ ) =	0.51
Angulo de Friccion ( $\phi$ ) =	26.81 °

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE

##### 4.1.1. Resultados de Resistencia a los Esfuerzos de Corte en Laboratorio.

**Tabla 33: Resumen de los esfuerzos obtenidos en laboratorio mediante el ensayo de corte directo.**

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL kg/cm <sup>2</sup>
4.00	0.979	1.439
8.00	1.958	2.000
12.00	2.937	2.187

Fuente: Elaboración propia.

El ensayo de corte directo en laboratorio se realizó con 03 muestras inalteradas tomadas del lugar en estudio, aplicando cargas de 4kg, 8kg y 12kg, obteniéndose así esfuerzos normales de 0.979kg/cm<sup>2</sup>, 1.958kg/cm<sup>2</sup> y de 2.937kg/cm<sup>2</sup>, asimismo esfuerzos de corte de 1.439kg/cm<sup>2</sup>, 2.00kg/cm<sup>2</sup> y 2.187kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De donde se obtuvieron los siguientes parámetros (Tabla 34):

**Tabla 34: Parámetros obtenidos en laboratorio**

Parámetros obtenidos:	
Cohesión ( C ) =	1.13 kg/cm <sup>2</sup>
Tan ( $\phi$ ) =	0.38
Angulo de Fricción ( $\phi$ ) =	20.9 °

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Resultados de Resistencia a los Esfuerzos de Corte en Campo con 03 muestras de 50cmx50cmx30cm

**Tabla 35: Resumen de los esfuerzos obtenidos en campo (in-situ) mediante el ensayo de Corte Directo**

Carga kg	Esfuerzo normal kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo cortante kg/cm <sup>2</sup>
5000	2.04	5.62
10000	4.12	9.14
15000	6.26	14.41

Fuente: Elaboración propia.

El ensayo de corte directo en campo se realizó con 03 muestras inalteradas de 50cm de ancho por 50cm de largo por una altura de 30cm moldeadas en el lugar en estudio a una profundidad de 1.0m, con cargas aplicadas de 5000kg, 10000kg y 15000kg, obteniéndose así esfuerzos normales de 2.04kg/cm<sup>2</sup>, 4.12kg/cm<sup>2</sup> y de 6.26kg/cm<sup>2</sup>, asimismo esfuerzos de corte de 5.62kg/cm<sup>2</sup>, 9.14kg/cm<sup>2</sup> y 14.41kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De donde se obtuvo la siguiente grafica de esfuerzo cortante versus esfuerzo normal y los parámetros respectivos.

**Tabla 36: Parámetro obtenidos con 03 muestras**

Parámetros obtenidos:	
Cohesión ( C ) =	1.08 kg/cm <sup>2</sup>
Tan ( $\phi$ ) =	0.48
Angulo de Fricción ( $\phi$ ) =	25.62 °

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Resultados de Resistencia a los Esfuerzos de Corte en Campo con 01 muestras de 50cmx50cmx30cm

**Tabla 37: Esfuerzos aplicados**

Carga kg	Esfuerzo normal kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo cortante kg/cm <sup>2</sup>
5000	2.04	5.27
10000	4.14	8.79
15000	6.27	13.64

Fuente: Elaboración propia.

El ensayo de corte directo en campo se realizó con 01 muestra inalterada moldeada en el lugar de estudio, aplicando con cargas de 5000kg, 10000kg y 15000kg una tras otra, la primera carga de 5000kg fue aplicada hasta un esfuerzo de corte de 5.27kg/cm<sup>2</sup> siendo este valor menor en 0.35kg/cm<sup>2</sup> al esfuerzo de corte de falla de la primera muestra (tabla N°06), seguidamente se aplicó la segunda carga de 10000kg hasta un esfuerzo de corte de 8.79kg/cm<sup>2</sup> menor en 0.35kg/cm<sup>2</sup> igual al anterior, y finalmente se aplicó la carga de 15000kg siendo su esfuerzo cortante de falla 13.64kg/cm<sup>2</sup>. Resultando así los parámetros esfuerzo cortante vs esfuerzo normal:

**Tabla 38: Parámetros obtenidos con una sola muestra in situ**

Parámetros obtenidos:	
Cohesión ( C ) =	1.02 kg/cm <sup>2</sup>
Tan ( $\phi$ ) =	0.51
Angulo de Fricción ( $\phi$ ) =	26.81 °

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4. Comparación de Resultados del Ensayo Corte Directo

Los resultados obtenidos en los distintos ensayos de corte directo se muestran en la tabla 39, 40 y 41.

**Tabla 39: Cuadro resumen de los resultados obtenidos**

ENSAYOS		COHESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	TAN( $\Phi$ )	ANGULO DE FRICCIÓN $\Phi^\circ$
LABORATORIO		1.13	2.6187	20.90
CAMPO	03 MUESTRAS	1.08	0.4795	25.62
	01 MUESTRA	1.02	0.5053	26.81

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 40: Comparación del ángulo de fricción obtenido**

ENSAYOS		ANGULO DE FRICCIÓN $\Phi^\circ$	VARIACIÓN EN GRADOS ( $^\circ$ )	VARIACIÓN EN PORCENTAJE (%)
LABORATORIO		20.90	0.00	0.00
CAMPO	03 MUESTRAS	25.62	4.72	22.58
	01 MUESTRA	26.81	5.91	28.26

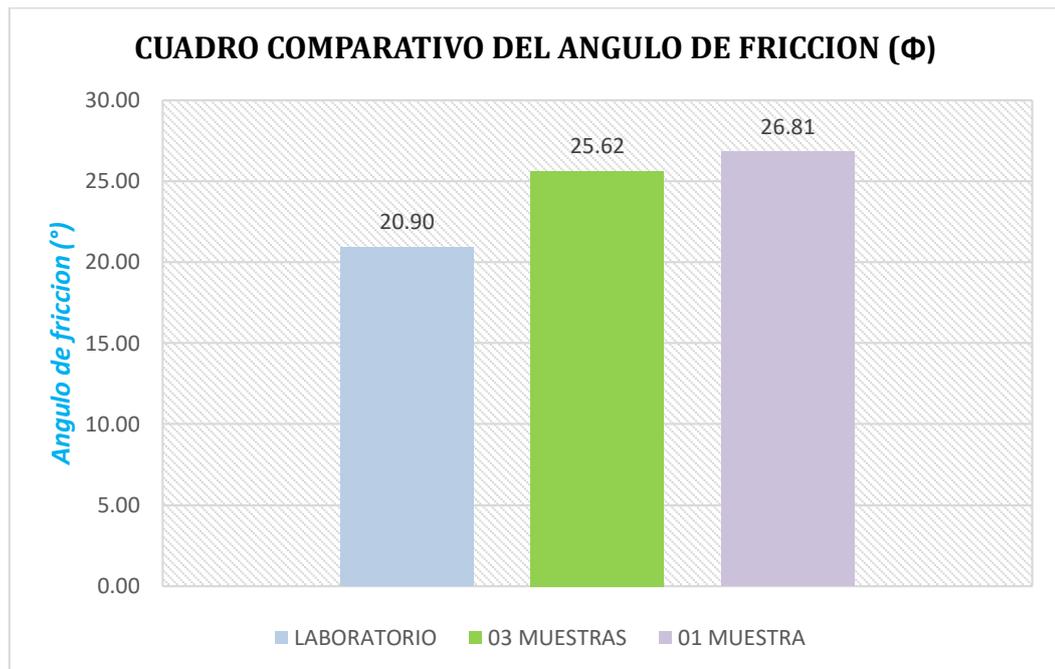
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 41: Comparación de la cohesión**

ENSAYOS		COHESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	VARIACIÓN EN kg/cm <sup>2</sup>	VARIACIÓN EN PORCENTAJE (%)
LABORATORIO		1.13	0.00	0.00
CAMPO	03 MUESTRAS	1.08	0.04	3.86
	01 MUESTRA	1.02	0.11	9.61

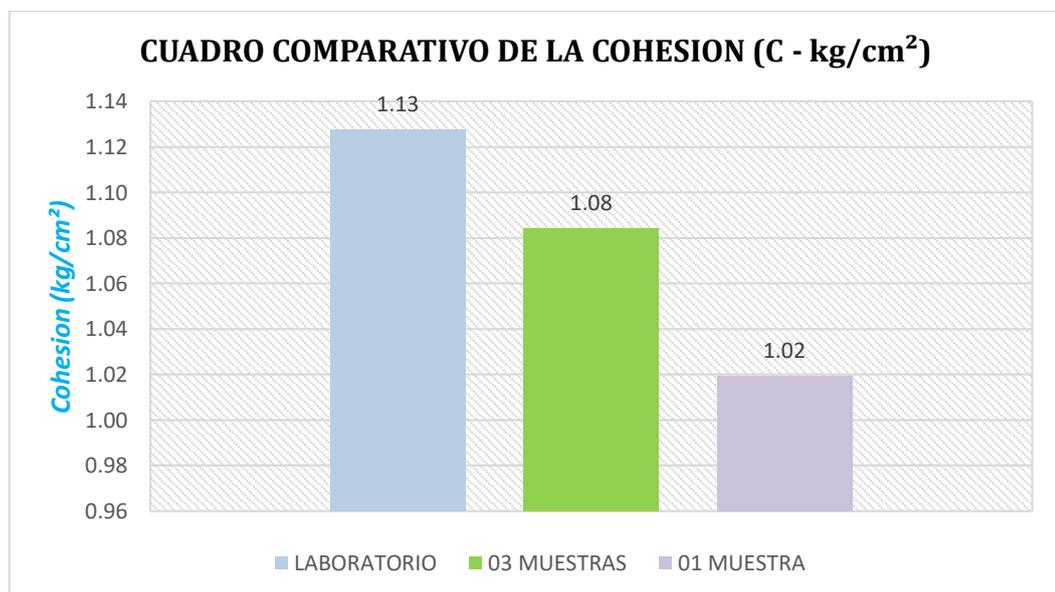
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 42: Comparación de los ángulos de fricción**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 43: Comparación de la cohesión**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5. Comprobación de la Hipótesis

De la hipótesis principal “La medida del ángulo de fricción interna y la cohesión en la resistencia a los esfuerzos de corte in situ (experimental) con una sola muestra, tendrían semejanza con los obtenidos en laboratorio, realizadas con el suelo del Centro Poblado de Alto Qosqo.”, se logró demostrar que los parámetros obtenidos en laboratorio sobre los obtenidos en el campo tiene semejanza con una variación de  $5.91^\circ$  esto equivalente a un error del 28.26%, mientras que la cohesión varia en  $0.11\text{kg/cm}^2$  esto equivalente al 9.61%.

De la hipótesis secundaria “La medida del ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizadas con una sola muestra tiene semejanza con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, en el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco”, se logró demostrar que el ángulo de fricción interna del suelo obtenido en campo si tienen relación directa con el obtenido en laboratorio con un error igual al 28.26%.

De la hipótesis secundaria “La medida de la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra tiene semejanza con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, en el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco”, se logró demostrar que la cohesión obtenida en campo con la obtenida en laboratorio si tienen relación directa con un error igual al 9.61%.

## CONCLUSIONES

**Primera conclusión:** De los parámetros obtenidos en los ensayos de corte directo in situ realizados con 03 muestras y 01 muestra frente a los parámetros obtenidos en laboratorio se ve un error menor a un 10% en cuanto al ángulo de fricción interna del suelo y menor a 30% de variación en la cohesión.

**Segunda conclusión:** El ángulo de fricción interna ( $\Phi$ ) obtenido en laboratorio es de  $20.90^\circ$  (según la norma ASTM D3080, para el ensayo de corte directo), el ángulo de fricción interna obtenida en el campo con 03 muestras (ensayo de corte directo experimental) es  $25.62^\circ$  y con una sola muestra (ensayo de corte directo experimental)  $26.81^\circ$ . Obteniéndose una variación del ensayo con 03 muestras frente al ensayo en laboratorio de  $4.72^\circ$  equivalente al 22.58% y la variación del ensayo con 01 muestra en campo frente al ensayo del laboratorio es de  $5.91^\circ$  equivalente a un 28.26%.

**Tercera conclusión:** La cohesión (C) obtenida en laboratorio es de  $1.13\text{kg/cm}^2$  (según la norma ASTM D3080, para el ensayo de corte directo), la cohesión obtenida en el campo con 03 muestras (ensayo de corte directo experimental) es  $1.08\text{kg/cm}^2$  y con una sola muestra (ensayo de corte directo experimental)  $1.02\text{kg/cm}^2$ . Obteniéndose una variación del ensayo con 03 muestras frente al ensayo en laboratorio de  $0.04\text{kg/cm}^2$  equivalente al 3.86% y la variación del ensayo con una sola muestra en campo frente al ensayo del laboratorio es de  $0.11\text{kg/cm}^2$  equivalente a un 9.61%. Por lo descrito se ve claramente que el porcentaje de variación obtenido de los ensayos in situ respecto al del laboratorio es menor a un 10% por lo que se pueden tomar los valores obtenidos para el diseño respectivo según sea su necesidad.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar ensayos directamente en el terreno que servirá de apoyo a los diferentes tipos de estructuras civiles ya que de esta manera no se modifican las propiedades naturales del suelo y se obtienen resultados reales.
- Se recomienda antes de la realización del ensayo de corte directo con el equipo experimental verificar los elementos que componen este equipo funcionen correctamente, como por ejemplo las gatas hidráulicas ya que estos tienden a dañarse debido a como están dispuestos en el equipo.
- Se recomienda a los futuros tesisistas continuar con la investigación en el ensayo de corte directo in situ, especialmente en el ensayo con una sola muestra puesto que de llegarse a la mejora de este ensayo se realizarían estudios más rápidos, con una menor cantidad muestras y con resultados más confiables, además de lo económico que resultaría realizarlo.
- La tesis realizada motiva a la utilización de equipos innovadores que faciliten los trabajos de investigación en los diferentes campos ingeniería civil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alicante. (26 de 3 de 2016). *Glosario de Geotecnia*. Obtenido de Geotecnia: <https://glosarios.servidor-alicante.com/geotecnia>
- Arburto, M. A., & Rodriguez, D. (2012). *Caracterización de la resistencia de un material de banco para su uso como relleno compactado*.
- Cardenas Alcarraz, E. (2017). *Evaluación del mejoramiento de suelos con columnas de grava por medio del ensayo de corte directo in situ experimental, en el sector de la asociación Vallesito Pillao Matao, urb. Miraflores, lote h-7, distrito de san Jerónimo, Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Alas Peruanas.
- Chilliani Chillihuani, V. (2017). *Diseño e implementación de un equipo de corte directo para suelos gravosos y su aplicación en suelos típicos de Cusco*. Cusco, Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad.
- Das, B. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición*.
- Das, B. M. (1985). *FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA*. Madison: Thomson Learning.
- Jimenez Salas , J., & Justo Alpañes , J. (1981). *Ensayo de corte directo in situ*. Valparaiso: UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO.
- Serafin, G. H. (2012). *Estimación de los valores de la cohesión y fricción del macizo rocoso de baja resistencia a partir de ensayos de corte directo in-situ*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Serrano Mendez, J. (s.f.). *Interpretación de los resultados del ensayo de corte directo en arcillas consolidadas*. Cartagena: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA.
- Suarez, J. (2009). *Análisis Geotécnico*. Santander: Universidad Industrial de Santander.
- Donald W. Taylor. Principios Fundamentales de la Mecánica de Suelos.
- Donald W. Taylor. Principios Fundamentales de la Mecánica de Suelos.
- MTC. (2000). E 107 Análisis Granulométrico de Suelo Por Tamizado.
- MTC. (2000). E 108 Método de Ensayo para Determinar El Contenido De Humedad De Un Suelo.
- MTC. (2000). E 110 Determinación del Límite Líquido de Suelos.

MTC. (2000). E 111 Determinación del Límite Plástico de Suelos.

Norma E.050 Suelos y Cimentaciones

# ANEXOS

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: “ANÁLISIS DE LA VARIACION DEL ANGULO DE FRICCION Y COHESION EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO”**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
¿En qué medida varían el ángulo de fricción interna y la cohesión, en la resistencia a los esfuerzos de corte in situ (experimental) con una sola muestra con los obtenidos en laboratorio, realizadas con el suelo del Centro Poblado de Alto Qosqo?	Analizar la variación del ángulo de fricción interna y la cohesión, en la resistencia a los esfuerzos de corte in situ (experimental) con una sola muestra, con los obtenidos en laboratorio, realizada con el suelo del Centro Poblado de Alto Qosqo.	La medida del ángulo de fricción interna y la cohesión en la resistencia a los esfuerzos de corte in situ (experimental) con una sola muestra, tendrían semejanza con los obtenidos en laboratorio, realizadas con el suelo del Centro Poblado de Alto Qosqo.	<b>INDEPENDIENTES</b>	<b>LABORATORIO</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACION</b>
			• MUESTRA UNICA DE SUELO	Contenido de Humedad	Cuantitativa
¿En qué medida varía el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco?	Establecer en qué medida varía el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra, con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del centro poblado Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	La medida del ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizadas con una sola muestra tiene semejanza con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, con el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.		• ANGULO DE FRICCION	Granulometría
			Limite Liquido		Longitudinal
¿En qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco?	Establecer en qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra, con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	La medida de la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra tiene semejanza con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, con el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	• COHESION	Limite plastico	<b>DISEÑO</b>
				Clasificacion de Suelos	Experimental
¿En qué medida varía el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco?	Establecer en qué medida varía el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra, con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del centro poblado Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	La medida del ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizadas con una sola muestra tiene semejanza con el ángulo de fricción interna obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, con el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	• ANGULO DE FRICCION	<b>DEPENDIENTES</b>	<b>METODO</b>
				<b>CORTE DIRECTO IN SITU</b>	Cuantitativa, longitudinal y diseño experimental
¿En qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco?	Establecer en qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra, con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	La medida de la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra tiene semejanza con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, con el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	• COHESION	03 MUESTRAS SOMETIDAS A ESFUERZOS	<b>POBLACION</b>
				Corte directo experimental	La población de la investigación son los diferentes suelos del centro poblado de Alto Qosqo del distrito de San Sebastián - Cusco.
¿En qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco?	Establecer en qué medida varía la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra, con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado en el suelo del sector Alto Qosqo del distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	La medida de la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo in-situ realizada con una sola muestra tiene semejanza con la cohesión obtenida con el ensayo de corte directo en laboratorio normalizado, con el suelo del sector Alto Qosqo del Distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco.	• COHESION	01 MUESTRA SOMETIDA A ESFUERZO DE CORTE DIRECTO	<b>MUESTRA</b>
				Corte directo experimental	08 muestras que se trabajaran en el laboratorio y en el campo
					<b>TECNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS</b>
					La observacion

Fuente: Elaboración propia

## PRESUPUESTO

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACION DE TESIS					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Parcial	Total (S/)
<b>COSTO DIRECTO</b>					
<b>Materiales e Insumos</b>					2,340.00
Cámara digital	Und.	1	400	400	
Material de escritorio	Glb	1	120	120	
Materiales de campo	Glb	2	150	300	
Información de datos	Und.	4	200	800	
Copia e impresiones	Glb	4	30	120	
Empastado	Ser	4	150	600	
<b>Costos Variables</b>					2,390.00
Movilidad	Psj	30	5	150	
Alimentación	mes	2	1120	2240	
<b>Equipos</b>					740.00
Utilización de equipo de cómputo	hrs	240	1	240	
Equipo de corte directo in situ	hrs	500	1	500	
<b>Personal</b>					3,800.00
Tecnico de laboratorio	mes	1	800	800	
Personal de apoyo	mes	2	1500	3000	
<b>Sub Total</b>					<b>9,270.00</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Imprevistos	5%				463.50
<b>Total</b>					<b>9,733.50</b>

## LABORATORIO

BR. WILLIAM HUAMAN ROCA / U.A.P. - FILIAL - CUSCO

Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"



**PROYECTO:** "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"

Ubicación: ---  
 Provincia: ---  
 Región: ---  
 Calicata: C-01  
 Fecha: JUNIO, 2018

Profundidad: ---  
 Nivel Freático : ----

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
N° de Capsula	39	32	34
Peso de Capsula (gr)	22,50	21,05	21,03
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	52,74	48,45	53,43
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	49,96	45,38	51,23
Peso del Agua (gr)	3,38	3,07	4,06
Peso de la Muestra Seca (gr)	26,86	24,33	34,14
Contenido de Humedad	12,58%	12,62%	12,48%



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 12.56%**

**ASET INGENIERÍA S.R.L.**  
 ING<sup>o</sup> ELIZABETH TAPIA INGA  
 CP: 15774  
 GERENTE GENERAL

ASET INGENIERÍA



BR. WILLIAM HUAMAN ROCA / U.A.P. - FILIAL - CUSCO

Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"



PROYECTO: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"

Ubicación: —  
 Provincia: —  
 Región: —  
 Calicata: 0-01  
 Fecha: JUNIO, 2015

Profundidad: —  
 Nivel Freático: —

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

MTC E 107 - 2000. Basado en la Norma ASTM D 422 y AASHTO T 88

Antes del lavado  
 Peso de la Muestra Seca = 302.45 gr

Después del lavado  
 Peso de la Muestra Seca = 121.00 gr  
 % de Error en Peso = 0.11% CAL

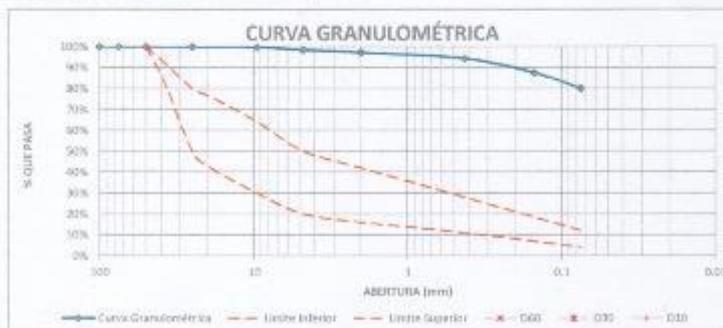
TAMIZ	ABERTURA [mm]	PESO RETENIDO [gr]	PESO QUE PASA [gr]	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	302.45	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	302.45	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	302.45	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	302.45	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	2.24	300.21	0.74%	0.74%	99.26%
Nº 4	4.75	13.80	288.65	4.56%	5.30%	95.44%
Nº 10	2	31.00	271.45	10.25%	15.55%	89.75%
Nº 40	0.425	24.67	277.78	8.16%	23.71%	76.29%
Nº 100	0.150	21.00	281.45	6.94%	30.65%	69.35%
Nº 200	0.075	18.00	284.45	5.95%	36.60%	63.40%
Canuela	-	18.17	-	5.99%	41.59%	-
Lavado	-	181.45	-	59.64%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		181.45		59.64%		

Gradación: T0 y T1

TAMIZ Nº	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR
2" (50 mm)	100%	100%
1 1/2" (37.5 mm)	82%	92%
1" (25 mm)	50%	80%
3/4" (19 mm)	42%	76%
3/8" (9.5 mm)	30%	64%
Nº 4 (4.75 mm)	20%	50%
Nº 10 (2 mm)	16%	42%
Nº 40 (0.425 mm)	11%	28%
Nº 200 (0.075 mm)	4%	12%

Fraciones de Grava, Arena y Fines de la Muestra  
 % de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 1.45%  
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 13.47%  
 % de fines (Pasa Tamiz Nº 200) = 80.18%  
 Total = 100.00%

Fración Gruesa  
 % de grava = 1.45%  
 % de arena = 12.44%  
 Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 3/4"

D60 = -  
 D30 = -  
 D10 = -

Tamaño Máximo Nominal = Nº 40

Cu = -  
 Cc = -

**ASET INGENIERIA S.R.L.**  
 ING. ELIZABETH TAPIA INGA  
 GERENTE GENERAL

ASET INGENIERIA

BR. WILLIAM HUAMAN ROCA / U.A.P. - FILIAL - CUSCO

Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ANGLULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"



PROYECTO: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ANGLULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"	
Ubicación: --- Provincia: --- Región: --- Calicata: 0-02 Fecha: JUNIO 2025	Profundidad: --- Nivel Freático: ---

**LÍMITE LÍQUIDO**

MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4918 y AASHTO T-89

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	12,76	12,76	12,64	12,65
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	15,30	20,47	18,75	18,28
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	12,57	18,70	14,25	16,54
Peso del Agua (gr)	2,73	1,77	4,50	1,74
Peso de la Muestra Seca (gr)	0,81	6,74	0,41	4,89
Contenido de Humedad	29,87%	28,79%	27,73%	27,43%
Número de Golpes	26	24	33	40



**LÍMITE PLÁSTICO**

MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4918 y AASHTO T-80

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
N° de Capsula	18	14	17
Peso de Capsula (gr)	15,04	13,32	12,81
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	17,40	14,15	18,81
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	15,43	14,08	13,47
Peso del Agua (gr)	0,09	0,11	0,14
Peso de la Muestra Seca (gr)	0,62	0,77	0,54
Contenido de Humedad	14,52%	14,29%	14,58%



LÍMITE LÍQUIDO = 28.65%
LÍMITE PLÁSTICO = 14.40%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 14.25%

**ING. ELIZABETH TAPIA INGA**  
 GERENTE GENERAL

ASET INGENIERIA





PROYECTO: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"

Ubicación: \_\_\_\_\_  
 Provincia: \_\_\_\_\_  
 Región: \_\_\_\_\_  
 Calle: 0-03  
 Fecha: JUNIO, 2023

Profesional: \_\_\_\_\_  
 RUC: \_\_\_\_\_

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)  
 ASTM D-2887

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPOS Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENDAZOS DE LABORATORIO	SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO
<b>GRAVAS LIMPIAS</b> Menos del 5% para la malla # 200 Cu < 0.075 < 3	GW	Grava bien graduada
<b>GRAVAS CON FINOS</b> Más del 5% de la fracción gruesa es retenida en la malla # 200 IP < 4 ó el 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla # 200	GP	Grava mal graduada
<b>GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS</b> Entre el 5 y 12% para malla # 200	GM	Grava arcillosa
<b>ARENAS LIMPIAS</b> Menos del 5% para la malla # 200 Cu < 0.075 < 5	SW	Grava limosa arcillosa
<b>ARENAS CON FINOS</b> Más del 12% para la malla # 200	SM	Grava bien graduada con arcilla
<b>ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS</b> Entre el 5 y 12% para malla # 200	SP	Grava mal graduada con arcilla
<b>ARCILLAS</b> El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla # 4	CL	Arcilla bien graduada
<b>ARCILLAS LIMPIAS</b> Menos del 5% para la malla # 200 Cu < 0.075 < 5	ML	Arcilla mal graduada
<b>ARCILLAS CON FINOS</b> Más del 12% para la malla # 200	OL	Arcilla arcillosa
<b>ARCILLAS LIMPIAS Y CON FINOS</b> Entre el 5 y 12% para malla # 200	OH	Arcilla limosa
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> El 50% o más de la malla # 200	UH	Linea orgánica
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>	PT	Linea orgánica

CL = Arcilla ligera de baja plasticidad con arena

ASET INGENIERIA S.R.L.  
 ING. ELIZABETH TAPIA-INGA  
 REPRESENTANTE LEGAL

ASET INGENIERIA





PROYECTO: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"

Ubicación: ...  
 Provincial: ...  
 Región: ...  
 Calles: ...  
 Fecha: Julio, 2018

Profundidad: ...  
 Nivel freático: ...

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AAASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		Otros Datos
De Granulometría		Tipo de Intemperismo
De Límites de Consistencia		
% que pasa el tamiz N° 10 = 97.23%	LL = 28.85%	
% que pasa el tamiz N° 40 = 80.39%	LP = 14.00%	
% que pasa el tamiz N° 200 = 80.13%	IP = 14.25%	

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos para el tamiz N° 200)										MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% para el tamiz N° 200)				
	A-1	A-1-b	A-2	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7	A-7-5	A-7-6		
SUB - GRUPOS	A-1-0	A-1-b	A-2	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7	A-7-5	A-7-6		
% que pasa el tamiz N° 10	50 máx.	50 máx.													
N° 40	30 máx.	25 máx.													
N° 200	15 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.		
Características del material que pasa el tamiz N° 40															
Límite Líquido	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.	40 máx.		
Índice de Plasticidad	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.		
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos				Suelos arcillosos				

A-4 (10) = Contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo

ING. ELIZABETH TAPIA INGA  
 C.M. 151734  
 GERENTE GENERAL

ASET INGENIERIA



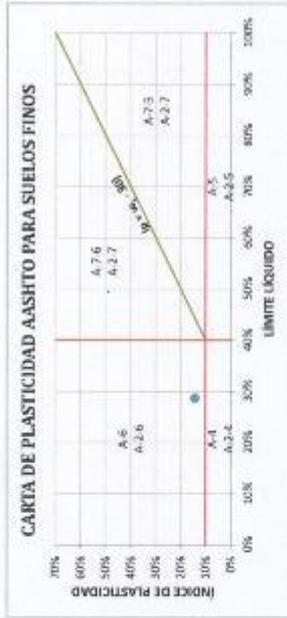
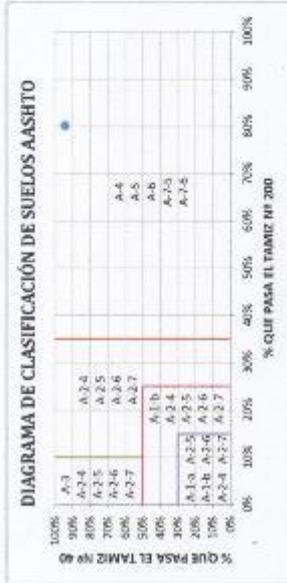


PROYECTO: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"

Ubicación: ---  
 Provincia: ---  
 Región: ---  
 Cantón: C-04  
 Fecha: JUNIO, 2018

Profundidad: ---  
 Nivel Plúmeto: I ---

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO  
 AASHTO MP-145



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO

F = 80.13 F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz Nº 200  
 W<sub>L</sub> = 28.55 W<sub>L</sub> = Límite líquido  
 I<sub>p</sub> = 34.25 I<sub>p</sub> = Índice de plasticidad

$I_G = 0.2a + 0.005W_L + 0.01I_p$

a = F - 35 a = 45.13  
 b = F - 15 b = 65.15  
 c = W<sub>L</sub> - 40 c = -11.35  
 d = I<sub>p</sub> - 10 d = 24.25

I<sub>G</sub> = 10

ASET INGENIERIA S.R.L.  
 ING<sup>o</sup> ELIZABETH TAPIA INGA  
 CUSCO 157784  
 REPRESENTANTE GENERAL

ASET INGENIERIA





**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

INFORME N°: 042-B-2018 fecha: JUNIO, 2018  
 Solicitado por: BR. WILLIAM HUAMAN ROCA / U.A.P. - FILIAL - CUSCO  
 proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"

**datos de la muestra:** CALICATA: C-01

Sondeo:		Material:
muestra:	---	COHESIVO FRICCIONANTE
prof.:	---	INALTERADO

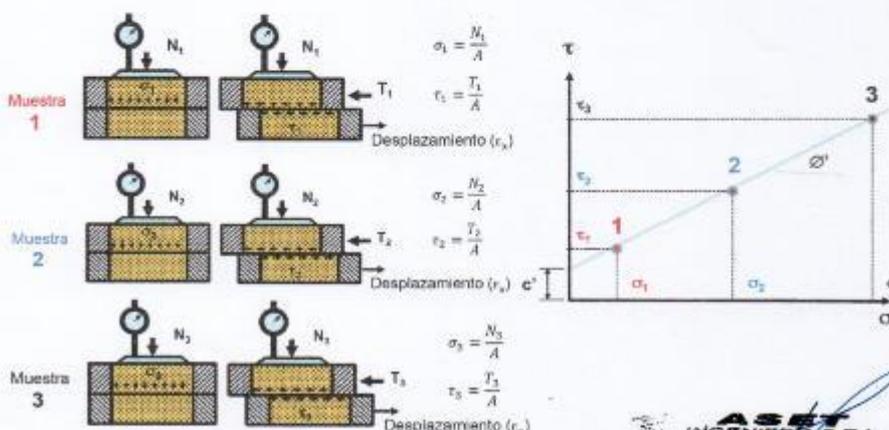
**Parámetros de la Muestra:**

Muestra:	1	2	3
Diametro o Lado (cm)	5.10	5.10	5.10
Altura (cm)	2.00	2.00	2.00
Area (cm <sup>2</sup> )	20.43	20.43	20.43
Volumen (cm <sup>3</sup> )	40.86	40.86	40.86
% humedad	12.56%	12.56%	12.56%
Masa M. húmeda M <sub>70</sub> (gr)	95.26	88.15	91.26
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.07	1.92	1.98

**Parámetros del Ensayo:**

Carga Control expansión (N)			
Pesas en el brazo (kg)	4.00	8.00	12.00
Carga total en la muestra (kg)	4.00	8.00	12.00
Múltiplo ( 5 / 10 )	5	5	5
Esfuerzo Vertical (kg/cm <sup>2</sup> )	0.98	1.96	2.94
Velocidad desplazam. (mm/min)	50	50	50
Consolidar	NO	NO	NO

Diagrama del arreglo para la prueba de Corte Directo:



**ING° ELIZABETH TAPIA INGA**  
 C.P. 181734  
 INGENIERA GENERAL

ASET INGENIERIA



BR. WILLIAM HUAMAN ROCA / U.A.P. - FILIAL - CUSCO

Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"

**Calculo de esfuerzo cortante y normal:**

Lectura del Deform Hz.	Desplaz. Hz. (mm)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normal: 0.98 Kg/cm <sup>2</sup>		Esfuerzo Normal: 1.96 Kg/cm <sup>2</sup>		Esfuerzo Normal: 2.94 Kg/cm <sup>2</sup>	
			Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	20.43	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.10	0.06	20.40	0.061	0.003	0.387	0.019	0.152	0.004
0.20	0.13	20.36	1.448	0.071	1.652	0.081	0.038	0.046
0.30	0.19	20.33	3.610	0.178	2.937	0.144	3.161	0.155
0.40	0.25	20.30	5.282	0.260	2.916	0.144	3.589	0.176
0.50	0.32	20.27	6.710	0.331	2.937	0.145	3.610	0.178
0.60	0.38	20.23	7.933	0.392	2.937	0.145	3.610	0.178
0.70	0.44	20.20	8.994	0.445	2.937	0.145	3.610	0.179
0.80	0.51	20.17	10.014	0.496	2.937	0.146	3.630	0.180
0.90	0.57	20.14	10.911	0.542	2.937	0.146	3.630	0.180
1.00	0.64	20.10	11.829	0.588	2.937	0.146	3.630	0.181
1.20	0.76	20.04	12.583	0.628	2.937	0.147	3.630	0.181
1.40	0.89	19.97	14.174	0.710	2.937	0.147	3.630	0.182
1.60	1.02	19.91	15.564	0.782	2.937	0.148	3.631	0.183
1.80	1.14	19.85	16.764	0.845	2.937	0.148	3.631	0.184
2.00	1.27	19.78	17.865	0.903	2.937	0.149	3.631	0.185
2.50	1.59	19.62	18.906	0.964	2.937	0.151	3.631	0.188
3.00	1.91	19.46	21.230	1.091	2.937	0.152	3.631	0.188
3.50	2.22	19.29	23.209	1.203	8.219	0.426	6.241	0.323
4.00	2.54	19.13	25.044	1.309	15.010	0.785	18.278	0.965
4.50	2.86	18.97	26.838	1.407	20.007	1.055	24.412	1.287
5.00	3.18	18.81	28.389	1.509	23.474	1.248	28.226	1.501
5.50	3.49	18.65	29.837	1.600	26.655	1.429	31.468	1.688
6.00	3.81	18.49	30.795	1.686	29.898	1.617	33.957	1.837
6.50	4.13	18.32	31.550	1.722	32.407	1.769	36.282	1.980
7.00	4.45	18.16	32.093	1.764	34.426	1.896	38.015	2.093
7.50	4.76	18.00	32.223	1.790	36.016	2.001	39.361	2.187
8.00	5.08	17.84	32.101	1.800	37.281	2.090	40.727	2.283
8.50	5.40	17.68	31.693	1.793	38.484	2.177	41.951	2.373
9.00	5.72	17.51	31.040	1.772	39.259	2.242	42.808	2.444
9.50	6.03	17.35	30.347	1.747	39.973	2.304	43.644	2.515
10.00	6.35	17.19	29.613	1.723	40.442	2.353	44.521	2.590
10.50	6.67	17.03	29.551	1.735	40.727	2.392	45.071	2.647
11.00	6.99	16.87			40.911	2.426	45.500	2.698
11.50	7.30	16.70			41.095	2.460	45.928	2.743
12.00	7.62	16.54			41.237	2.493	46.389	2.780
12.50	7.94	16.38			41.378	2.520	46.010	2.809
13.00	8.26	16.22			41.217	2.541	46.908	2.831
13.50	8.57	16.06			41.176	2.564	46.806	2.853
14.00	8.89	15.89						
14.50	9.21	15.73						
15.00	9.53	15.57						
15.50	9.84	15.41						
16.00	10.16	15.25						
16.50	10.48	15.08						
17.00	10.80	14.92						
17.50	11.11	14.76						
18.00	11.43	14.60						

  
**ING. ELIZABETH TAPIA INGA**  
 CIP. 15774  
 GERENTE GENERAL

ASET INGENIERIA

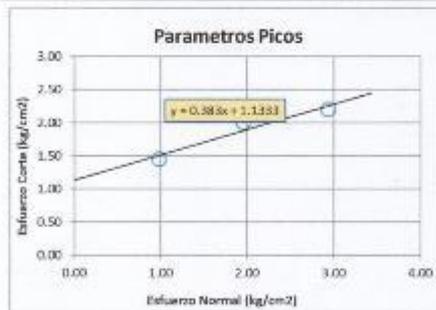
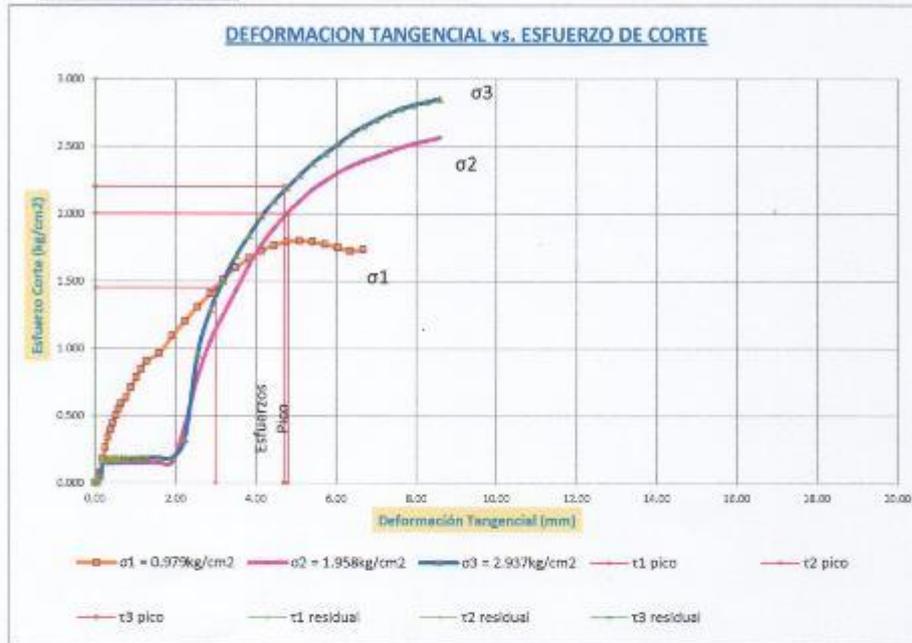


BR. WILLIAM HUAMAN ROCA / U.A.P. - FILIAL - CUSCO

Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QO5QO - CUSCO"



diagramas de esfuerzos:



Parametros Picos	
tan $\phi$	= 0.383
$\phi$ pico	= 20.96 °
C pico	= 1.13 Kg / cm2

  
**ASET INGENIERIA S.R.L.**  
**ING<sup>o</sup> ELIZABETH TAPIA INGA**  
CIP 157724  
**REPRESENTANTE GENERAL**

ASET INGENIERIA

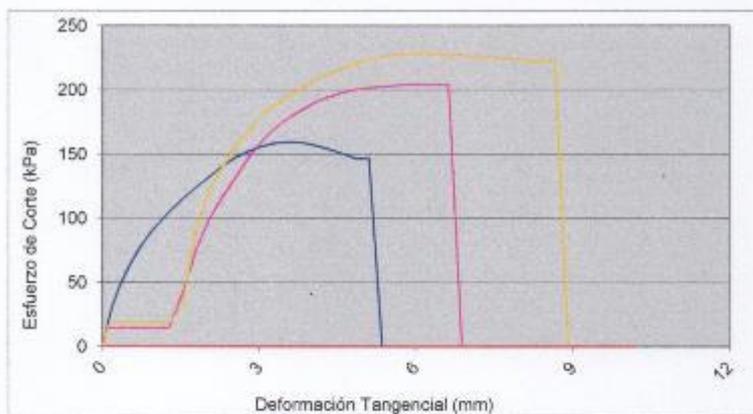


BR. WILLIAM HUAMAN ROCA / U.A.P. - FILIAL - CUSCO

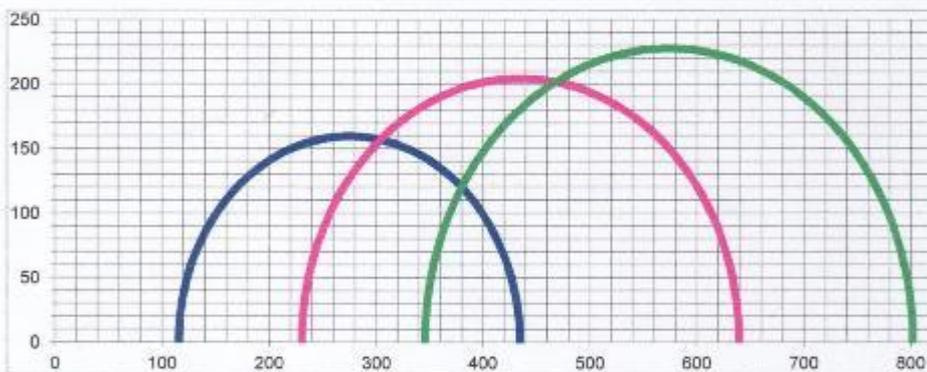
Proyecto: "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN EN LA RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE CORTE EN LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE ALTO QOSQO - CUSCO"



Deformación Tangencial (mm) VS Esfuerzo de Corte (kPa)



CIRCULO DE MOHR



  
**ASET**  
**INGENIERIA S.R.L.**  
**ING<sup>o</sup> ELIZABETH TAPIA INGA**  
CIP 167724  
**GERENTE GENERAL**

ASET INGENIERIA



## PANEL FOTOGRÁFICO

### 1. ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

#### 1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Fotografía N° 1: Trazo de la calicata



Se realiza el trazo de la calicata de 1.20x1.20x1.5m para la extracción de muestras para os ensayos de caracterización y ensayo de corte directo en laboratorio.

Fotografía N° 2: Extracción de muestra a 1.50m de profundidad.



Muestra de 0.40x0.40x0.40m para los ensayos en laboratorio.

Fotografía N° 3: Preparado de la muestra.



Limpieza de la parafina y preparado de muestras para el ensayo de contenido de humedad natural.

Fotografía N° 4: Tarado de muestras húmedas.



Procedimiento del ensayo de contenido de humedad natural.

## 1.2. GRANULOMETRÍA

Fotografía N° 5: Pesado de la muestra



Pesado de la muestra representativa para el ensayo de granulometría.

Fotografía N° 6: Tamizado del material.



Tamizado del material con las mallas de 4", 2", 1", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°100 y N°200.

Fotografía N° 7: Cantidades retenidas en los tamices



Pesado de las cantidades retenidas en los distintos tamices.

### 1.3. LIMITES DE CONSISTENCIA

Fotografía N° 8: Procedimiento del ensayo de límite líquido.



Realización del ensayo de límite líquido con el aparato de Casagrande.

Fotografía N° 9: Pesado de muestras del límite plástico.



Pesado de la muestra cilíndrica alargada húmeda del ensayo de límite plástico para su cálculo correspondiente.

#### 1.4. CORTE DIRECTO

Fotografía N° 10: Caja de corte.



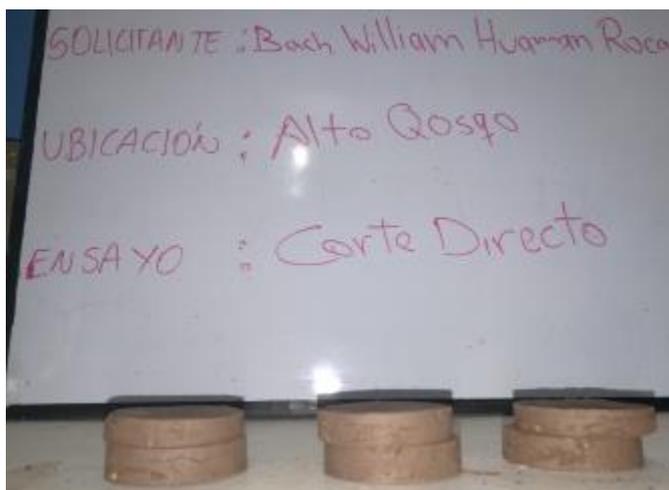
Reconocimiento de los elementos de la caja de corte del equipo de corte directo.

Fotografía N° 11: Ejecución del ensayo de corte directo.



Ejecución del ensayo de corte directo con 03 muestras inalteradas de medidas 2cm de diámetro por 2cm de altura, para cargas aplicadas de 4, 8 y 12kg.

Fotografía N° 12: Muestras después del ensayo



Muestras después de ser sometidas a los esfuerzos normal y cortante, en el ensayo de corte directo con cargas aplicadas de 4, 8 y 12kg.

## 2. ENSAYOS REALIZADOS EN CAMPO

### 2.1. CORTE DIRECTO IN SI-TU

Fotografía N° 13 y N°14: Montaje del equipo de corte directo experimental



Se muestra el montaje del equipo de corte directo experimental sobre el bloque tallado in situ de dimensiones 0.50x0.50x0.30m que esta contenido por una caja de madera de confinamiento.

Fotografía N° 14 y N°16: Realización del ensayo.



Se puede observar el proceso del ensayo, aplicando los esfuerzos mediante los gatos hidráulicos y la toma de datos durante el proceso.

Fotografía N° 157: Bloque después del ensayo



Se muestra el desplazamiento del bloque debido al esfuerzo cortante aplicado.

Fotografía N° 18: Verificación de los ensayos in situ.



Los ensayos in situ se realizaron con la supervisión y verificación por parte de los dictaminantes designados para este propósito.