



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

## **ÁREA TÉCNICA**

### **TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Estudio de la estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto  
considerando el análisis de la confiabilidad**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTORA:** Alejandro Chamba, Verónica del Cisne

**DIRECTORA:** Esparza Villalba, Carmen Antonieta, M. Sc.

**CO-DIRECTOR:** Ruiz Pico, Ángel Antonio, Ph. D

**LOJA – ECUADOR**

**2016**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

Septiembre, 2016

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**Ingeniera, MSc.**

Carmen Antonieta Esparza Villalba

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración

El presente trabajo de titulación: Estudio de la estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto considerando el análisis de la confiabilidad, realizado por Verónica del Cisne Alejandro Chamba, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, noviembre de 2016

f).....

Ing. M.Sc. Esparza Villalba Carmen Antonieta

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Verónica del Cisne Alejandro Chamba” declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Estudio de la estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto considerando el análisis de la confiabilidad, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo Carmen Antonieta Esparza Villalba directora y Ángel Antonio Ruiz Pico co-director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f).....

Verónica del Cisne Alejandro Chamba

C.I: 1103650972

## DEDICATORIA

*A mi madre,  
la inspiración de mi caminar.*

## **AGRADECIMIENTO**

A lo largo de mi vida he tenido la dicha de encontrar a muchas personas que de una u otra forma han aportado a mi crecimiento personal y profesional. En esta oportunidad quiero expresar un sincero agradecimiento a mi madre Elvia, el pilar de mi formación; por su esfuerzo hacia sus hijos; a mi tía Nery y a mis hermanos Joicy y Rodrigo, por su apoyo incondicional y la confianza brindada.

Así mismo quiero presentar mi agradecimiento a la Ing. Carmen Esparza, docente que me ha acompañado en varios ciclos de la carrera universitaria y que al culmen de la misma me brindó la oportunidad de desarrollar el trabajo de fin de titulación bajo su dirección.

Y como no, también extiendo mi agradecimiento a esos compañeros de carrera y de vida; mis apreciados amigos, con quienes hemos ido construyendo el camino hacia la vida profesional. Aquellos momentos compartidos en el aula y fuera de ella permanecerán en mi memoria.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO .....	6
1.1. Movimientos de masa en taludes.....	7
1.2. Análisis de estabilidad de taludes .....	11
1.3. Incertidumbre en la ingeniería geotécnica.....	14
CAPÍTULO II.....	19
ÁREA DE ESTUDIO .....	19
2.1. Descripción general .....	20
2.2. Zona de estudio uno .....	20
2.3. Zona de estudio dos .....	21
2.4. Geología de la zona de estudio .....	22
2.5. Características geotécnicas .....	24
CAPÍTULO III.....	25
MARCO METODOLÓGICO .....	25
3.1. Generalidades .....	26
3.2. Reconocimiento de la zona de estudio .....	26
3.3. Prospección del terreno .....	26
3.4. Ensayos de laboratorio .....	27
3.5. Generación de modelos geotécnicos .....	28
3.6. Análisis determinístico de estabilidad de taludes .....	29
3.7. Análisis de confiabilidad de estabilidad de taludes.....	29
CAPÍTULO IV .....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31

4.1. Generalidades .....	32
4.2. Datos iniciales del análisis .....	32
4.3. Análisis determinístico .....	33
4.4. Análisis de confiabilidad.....	37
CONCLUSIONES .....	41
RECOMENDACIONES .....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	47
A. Mapa de ubicación de las zonas de estudio 1 y 2. ....	48
B. Planos topográficos.....	49
C. Resultados de ensayos de laboratorio .....	51
D. Resultados método de primer orden segundo momento.....	91
E. Modelaciones en GeoStudio (Slope/W).....	95



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mecanismo de desprendimiento. ....	8
Figura 2: Mecanismos de vuelco.....	9
Figura 3: Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud. ....	12
Figura 4: Gráfico de una distribución normal con media $\mu$ y desviación estándar $\sigma$ . ....	17
Figura 5: Gráfica de una distribución log-normal.....	18
Figura 6: Gráfico de una distribución gamma.....	18
Figura 7: Zona de estudio 1. ....	20
Figura 8: Ubicación zona de estudio 1. ....	21
Figura 9: Zona de estudio 2. ....	21
Figura 10: Ubicación de zona de estudio 2. ....	22
Figura 11: Geología de la zona de estudio 1 y 2.....	23
Figura 12: Esquema metodológico de la investigación.....	26
Figura 13: Zona 1- Modelo geotécnico generado en GeoStudio (Slope/W).....	33
Figura 14: Zona 2- Modelo geotécnico generado en GeoStudio (Slope/W).....	34
Figura 15: Mapa de ubicación de las zonas 1 y 2. ....	48
Figura 16: Plano topográfico de la zona de estudio 1.....	49
Figura 17: Plano topográfico de la zona de estudio 2.....	50
Figura 18: Modelación Perfil 1. GeoStudio (Slope/W).....	95
Figura 19: Modelación Perfil 2. GeoStudio (Slope/W).....	95
Figura 20: Modelación Perfil 3. GeoStudio (Slope/W).....	96
Figura 21: Modelación Perfil 4. GeoStudio (Slope/W).....	96
Figura 22: Modelación Perfil 1. GeoStudio (Slope/W).....	97
Figura 23: Modelación Perfil 2. GeoStudio (Slope/W).....	97
Figura 24: Modelación Perfil 3. GeoStudio (Slope/W).....	98
Figura 25: Modelación Perfil 4. GeoStudio (Slope/W).....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características geotécnicas de la Zona 1.....	24
Tabla 2: Características geotécnicas de la Zona 2.....	24
Tabla 3: Zona1-Características geotécnicas.....	32
Tabla 4: Zona2-Características geotécnicas.....	32
Tabla 5: Factores de seguridad para la zona 1 y 2 sin considerar NF.....	34
Tabla 6: Factores de seguridad para la zona 1 y 2 considerando NF.....	35
Tabla 7: Parámetros estadísticos de la zona 1.....	36
Tabla 8: Parámetros estadísticos de la zona 2.....	36
Tabla 9: FS de la zona 1 sin considerar NF.....	36
Tabla 10: FS de la zona 2 sin considerar NF.....	36
Tabla 11: FS de la zona 1 considerando NF.....	37
Tabla 12: FS de la zona 2 considerando NF.....	37
Tabla 13: Varianza, desviación estándar y coeficiente de variación del FS para la zona 1 y 2 sin considerar NF.....	38
Tabla 14: Varianza, desviación estándar y coeficiente de variación del FS para la zona 1 y 2 considerando NF.....	38
Tabla 15: Índice de confiabilidad y probabilidad de falla para las zonas 1 y 2 sin considerar NF.....	39
Tabla 16: Índice de confiabilidad y probabilidad de falla para las zonas 1 y 2 considerando NF.....	39
Tabla 17: Valores de probabilidad de falla aceptables.....	39
Tabla 18: Ensayo de clasificación de suelos. Z1CP1.....	51
Tabla 19: Ensayo de clasificación de suelos. Z1MLP2.....	52
Tabla 20: Ensayo de clasificación de suelos. Z1MLP3.....	53
Tabla 21: Ensayos de clasificación de suelos. Z1PP4.....	54
Tabla 22: Ensayos de clasificación de suelos. Z2CP1.....	55
Tabla 23: Ensayo de clasificación de suelos. Z2PP2.....	56
Tabla 24: Ensayo de compresión simple. Z1MLP2.....	57
Tabla 25: Ensayo de compresión simple. Z2CP1.....	58
Tabla 26: Ensayo triaxial CD. Z1CP1.....	59
Tabla 27: Ensayo triaxial CD. Z1MLP2.....	64
Tabla 28: Ensayo triaxial CD. Z1MLP3.....	69
Tabla 29: Ensayo triaxial CD. Z1PP4.....	74
Tabla 30: Ensayo triaxial CD. Z2CP1.....	79
Tabla 31: Ensayo triaxial. Z2PP2.....	84
Tabla 32: Ensayo de permeabilidad. Z1PPP4.....	89

Tabla 33: Ensayo de permeabilidad. Z2CP1 .....	90
Tabla 34: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 1 sin considerar NF.....	91
Tabla 35: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 1 sin considerar NF.....	91
Tabla 36: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 2 sin considerar NF.....	92
Tabla 37: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 2 sin considerar NF.....	92
Tabla 38: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 1 considerando NF. ....	93
Tabla 39: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 1 considerando NF. ....	93
Tabla 40: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 2 considerando NF. ....	94
Tabla 41: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 2 considerando NF. ....	94

## RESUMEN

La estabilidad de taludes ha sido abordada clásicamente a través de metodologías deterministas, las cuales no permiten manejar efectivamente la variabilidad espacial y la incertidumbre de los datos geotécnicos que interviene en el análisis, tales limitaciones pretenden ser vencidas por las nuevas metodologías basadas en métodos probabilísticos.

Es así que el presente trabajo de fin de titulación está enfocado al análisis de la estabilidad de taludes considerando la teoría de confiabilidad siendo aplicada a dos zonas de la localidad. El desarrollo de la investigación comprende la caracterización geomecánica de los materiales del subsuelo; el análisis determinista aplicando las metodologías de Mongester-Price y Bishop simplificado y el análisis de confiabilidad empleando el método de Primer Orden Segundo Momento sobre un modelo geotécnico digital generado en el software GeoSlope.

Finalmente el estudio muestra la confiabilidad y la probabilidad de falla que presentan los taludes en estudio, determina el parámetro geotécnico que influye significativamente en la estabilidad del talud y la influencia que tiene la presencia del nivel freático en la posibilidad de ocurrencia de un movimiento de masa.

**PALABRAS CLAVE:** análisis de estabilidad de taludes, métodos determinísticos, métodos probabilísticos, índice de confiabilidad, probabilidad de falla.

## ABSTRACT

The slopes stability has been classically approached through deterministic methodologies, which do not allow managing spatial variability and the uncertainty of geotechnical data involved in the analysis, such limitations pretend to be overcome by new methodologies based on probabilistic methods.

For this reason, the present research is focused on the analysis of slope stability considering the reliability theory applied to two zones of the place. The development of the investigation includes the geomechanic characterization of subsoil materials; the deterministic analysis applying the Mongester-Price and Simplified Bishop methodologies and reliability analysis using the method of First Order Second Moment on a digital geotechnical model generated in the GeoSlope software.

Finally, this study shows the reliability and probability of failure to exhibits slopes under study; determines the geotechnical parameter that significantly influence on the stability of the slope and the influence of the presence of water levels in the possibility of occurrence of a sliding mass.

**KEY WORDS:** slope stability analysis, deterministic methods, probabilistic methods, reliability index, probability of failure.

## INTRODUCCIÓN

Los taludes –superficie permanente e inclinada respecto a la horizontal (Carmen Esparza, 2009)- excavados a cielo abierto se encuentran vinculados a muchas obras constructivas en ingeniería civil y extractivas de ingeniería geológica (González De Vallejo, L; Ferrer, M; Ortuño, L; Oteo, 2002), contribuyendo activamente en la seguridad, confiabilidad, integridad y economía de las mismas (Kerguelen & Asesor, 2009; Torres, 2007). La inestabilidad de los taludes está determinada por una combinación de factores geométricos, geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos (González et. al, 2002) y cuyos desplazamientos son una constante en nuestro medio; ocasionando múltiples pérdidas materiales, económicas y en ocasiones humanas.

El modelo clásico del análisis de estabilidad de taludes se basa en métodos determinísticos, los cuales intentan considerar a través de factores de seguridad, las múltiples incertidumbres en los procesos de análisis. Sin embargo, dichos factores son el resultado de la acumulación de conocimientos adquiridos a través de la experiencia de los profesionales de la rama geotécnica y se aplican sin considerar los diferentes grados de incertidumbre, ni el posible riesgo de deslizamiento (Torres, 2007).

Consecuentemente, el análisis clásico de estabilidad de taludes no toma en cuenta la variabilidad ni la calidad de las propiedades geotécnicas; describiendo de forma limitada las características del talud. Por lo tanto el modelo de análisis no se ajusta a la problemática real (Kerguelen, 2009).

Es así que a partir de la década de los 70 se empezó a considerar la aleatoriedad de los datos a través de metodologías con enfoque probabilístico; donde los parámetros de mayor incertidumbre se tratan como variables aleatorias y se cuantifica el nivel de riesgo asociado. Los primeros métodos de análisis fueron los de tipo aproximados, pero con el uso de computadoras los análisis tomaron un gran avance, surgiendo métodos aproximados más desarrollados y métodos basado en simulaciones numéricas (Kerguelen, 2009).

A partir del presente siglo, se han desarrollado un gran número de aplicaciones con el afán de demostrar la utilidad del análisis de confiabilidad; surgen algoritmos que eliminan las limitaciones y se implementa a las metodologías el uso de softwares comerciales,

adicionalmente estos últimos incorporan metodologías probabilísticas a los métodos de análisis clásico (Kerguelen, 2009).

En nuestro medio es poca o nula la aplicación de la teoría de confiabilidad en el análisis de estabilidad de taludes, ya sea por una percepción equivocada de su complejidad o por el desconocimiento de sus aplicaciones y ventajas (Cruz, 2012; Duncan, 2000). Sin embargo la implementación de metodologías de análisis más íntegras a la práctica geotécnica, que incluyan la variabilidad de los datos de análisis y la cuantificación del riesgo asociado a los eventos de deslizamiento; permitirán la toma de decisiones más acertadas en cuanto a la prevención, mitigación y control de los mismos (Torres, 2007). Esto se hace aún más necesario en nuestro medio, dada la constante necesidad de implementar taludes excavados a cielo abierto en las obras de ingeniería civil, situación dada principalmente por la topografía de nuestra región.

Por lo mencionado, se ha propuesto como objetivo general estudiar la estabilidad de taludes excavados a cielo abierto considerando análisis de la confiabilidad. Para lograr el mencionado propósito se plantean los siguientes objetivos específicos: 1) caracterizar los parámetros geotécnicos de los suelos que conforman las zonas de estudio, 2) analizar la estabilidad de los taludes aplicando métodos deterministas y de confiabilidad, 3) identificar la influencia estadística de la variabilidad de los parámetros de resistencia en la estabilidad de un talud, 4) determinar el índice de confiabilidad y cuantificar la probabilidad de que ocurra un evento de deslizamiento.

La metodología para alcanzar los objetivos comprende a breves rasgos la caracterización geotécnica del suelo y a partir de estos datos generar los modelos digitales en el software GeoStudio-Slope/W [versión estudiantil], para desarrollar el análisis determinista de la estabilidad de los taludes aplicando los métodos de Mongester-Price y Bishop Simplificado, finalmente desarrollar el análisis de confiabilidad a través del método de Primero Orden Segundo Momento.

La presente investigación, con sus resultados y conclusiones, es propia de la zona y específica para el caso de estudio. El análisis no se realiza para todas las posibles variables independientes que influyen en la estabilidad de un talud excavado a cielo abierto, únicamente se considera la variabilidad de los parámetros de resistencia y la presencia de nivel freático.

El presente documento contiene el desarrollo de la investigación, estructurado de la siguiente forma: en el capítulo II se puede encontrar el marco teórico referente al tema, donde se menciona conceptos básicos de movimientos de masa, metodologías de análisis de estabilidad e taludes y la teoría de la confiabilidad en la ingeniería geotécnica. El capítulo III presenta la descripción del área de estudio. El capítulo IV contiene el desarrollo de la metodología empleada para alcanzar los objetivos propuestos. El capítulo V presenta los resultados y discusión de los análisis deterministas y de confiabilidad aplicados a las zonas de estudio y finalmente se exponen las conclusiones de la investigación.



**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

## 1.1. Movimientos de masa en taludes

### 1.1.1. Condición de inestabilidad.

Cuando se modifican las tensiones en el suelo o roca se originan deformaciones que pueden terminar en un estado de rotura o falla del material. Generalmente el fenómeno de rotura sucede al sobrepasar el valor de esfuerzo cortante o tensión tangencial ( González De Vallejo, Ferrer; Ortuño, 2002).

#### 1.1.1.1. Factores que influyen en la inestabilidad.

En general la condición de estabilidad de los taludes está determinada por factores condicionantes y desencadenantes (González et al., 2002). Los primeros abarcan condiciones intrínsecas del suelo como factores geológicos –presencia de planos, zonas de debilidad y anisotropía-, hidrogeológicos –presencia de agua- y geotécnicos –resistencia y deformabilidad- (González et al., 2002).

Por su parte, los factores desencadenantes son condiciones externas que modifican las características del macizo rocoso, afectan la estabilidad del talud e incluyen sobrecargas estáticas, cargas dinámicas, régimen climático y variación de la geometría (González et al., 2002).

El conocimiento de los factores que influyen en la estabilidad del talud permite una adecuada evaluación del peligro existente, así como del planteamiento de soluciones óptimas para la prevención y/o control del fenómeno de inestabilidad (IGME, 2006).

#### 1.1.1.2. Criterio de rotura de Mohr-Coulomb.

Para una matriz rocosa isótropa la resistencia cortante a lo largo de un plano de falla se puede evaluar a través del criterio lineal de Mohr-Coulomb, donde la relación de esfuerzos se expresa como: (González, 2012)

Ec. 1

$$\tau = c + \sigma n * \tan\phi$$

Donde:

$\tau$  y  $\sigma n$  = esfuerzos tangencial y normal.

$c$  = cohesión.

$\phi$  = ángulo de fricción del suelo.

### 1.1.2. Mecanismos de rotura más comunes.

El tipo de falla que se presenta en un talud depende principalmente de características como el tipo de suelo, la distribución de los estratos, presencia de agua, la capacidad de infiltración del material y la geometría del talud (Budhu, 2015). La clasificación de los mecanismo de rotura según Colimas, se basa en las dos clasificaciones más aceptadas: la de Cruden y Varnes (1996) y la de Hutchinson (1998).

El reconocimiento y clasificación del tipo de movimiento condiciona el análisis del talud, las conclusiones que se derivan de él y el método de estabilización del mismo (IGME, 2006)

#### 1.1.2.1. *Desprendimientos o caídas.*

Movimiento muy rápido, donde la masa de suelo o roca se desprende y desciende por caída libre, rebote o rodando, de acuerdo a la pendiente del talud. (Corominas, 2009; Suarez, 2001)



Figura 1: Mecanismo de desprendimiento.

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

Este tipo de inestabilidad afecta frecuentemente zonas geológicamente constituidas por alternancia de capas resistentes y débiles (IGME, 2006).

#### 1.1.2.2. *Inclinación o volteo.*

Una masa de suelo o roca con forma de columna o bloque, gira alrededor de un eje situado debajo de su centro de gravedad. El movimiento se desencadena por la fuerza de gravedad, empuje adyacente del suelo, fuerzas

ejercidas por el agua en las discontinuidades o movimientos sísmicos (Corominas, 2009; Suárez, 2001; IGME, 2006).

Este fenómeno se presenta casi exclusivamente en macizos rocosos, condicionado por disposición de los estratos (IGME, 2006).

Se distinguen dos procesos: vuelco por flexión y desplome. El primero es característico de macizos rocosos estratificados, donde el material dispuesto en columnas se fleja debido a movimientos acumulados a lo largo de las discontinuidades (Corominas, 2009; IGME, 2006).

El segundo proceso es característico de macizos rocosos con discontinuidades ortogonales, por lo que la masa a desplazarse está dispuesta en forma de columnas divididas en bloques. El movimiento se inicia en los bloques inferiores hasta alcanzar la parte superior del talud (Corominas, 2009; IGME, 2006).

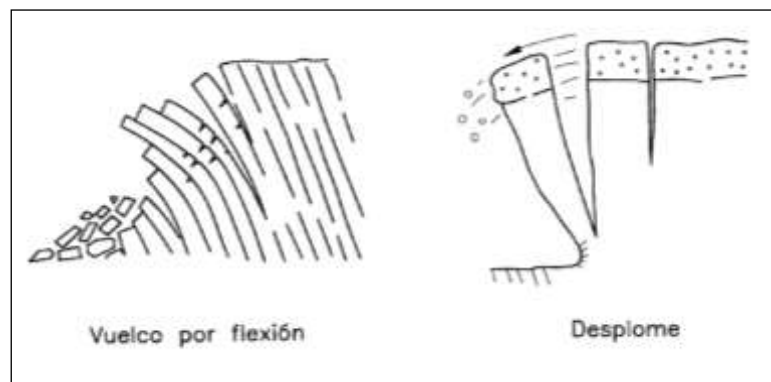


Figura 2: Mecanismos de vuelco.

Fuente: Corominas y García Yague, 1997

### 1.1.2.3. **Deslizamientos.**

Al superar la resistencia al cortante del material, la masa de suelo o roca se desliza ladera abajo sobre una o varias superficies de rotura definidas. Se distinguen de dos tipos: rotacionales y traslacionales (Corominas, 2009; Suárez, 2001).

En los deslizamientos rotacionales la superficie de falla es interna y de forma aproximadamente circular, es decir la superficie de terreno gira alrededor de un eje ubicado por encima del centro de gravedad de la masa en movimiento y paralelo al mismo (Corominas, 2009; IGME, 2006). La superficie circular de

falla puede tener su salida por encima del pie, en el pie y en la base del talud; dependiendo de las características mecánicas, altura e inclinación del talud, principalmente (IGME, 2006).

En los deslizamientos de tipo translacional o planar, la masa se mueve hacia fuera y abajo del talud a lo largo de una superficie de falla más o menos plana o levemente ondulada (Corominas, 2009; Suárez, 2001; IGME, 2006).

Los deslizamientos generalmente se presenta en macizos rocosos con discontinuidades bien diferenciadas (IGME, 2006). Existen deslizamientos translacionales que se forman por la intersección de dos discontinuidades o superficies de falla, cuando estas buzan en sentido contrario, se denominan cuñas directas; si buzan paralelamente se denomina cuña inversa (IGME, 1986).

#### **1.1.2.4. Flujos.**

El principal factor para que se den este tipo de movimiento es la presencia de agua en los materiales subsuperficiales, por lo que la masa se desplaza continuamente en formas de fluido viscoso sobre superficies de falla imperceptibles y efímeras (Corominas, 2009; Suárez, 2001). El fenómeno puede presentarse con poca frecuencia en materiales rocosos y en materiales de tipo suelo, principalmente (IGME, 2006).

Los flujos en material tipo suelo se desarrollan en varios subtipos, de acuerdo a la distribución granulométrica, contenido de humedad del material y movilidad de la masa (Corominas, 2009). Se puede encontrar el subtipo reptación, donde los movimientos se desarrollan en la superficie y con velocidad extremadamente baja (IGME, 2006). Del tipo derrubios presente en materiales con mayor porcentaje de fracción gruesa y del tipo flujo de barro, en materiales con porcentaje de finos mayor al 50% y contenido de humedad alto (IGME, 2006).

## 1.2. Análisis de estabilidad de taludes

### 1.2.1. Factor de seguridad.

El factor de seguridad (FS) se define como la relación entre las fuerzas estabilizadoras que tratan de contrarrestar el movimiento y las fuerzas desestabilizadoras (Intituto Geológico y Minero de España, 2006), que tratan de producir la falla.

Dado que principalmente el material falla por corte, entonces el factor de seguridad se puede expresar también como la relación entre la resistencia a corte del material y el esfuerzo cortante crítico (González et al., 2002).

Ec. 2

$$FS = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Esfuerzo al cortante}}$$
$$FS = \frac{c + \sigma' \tan \phi}{cd + \sigma' \tan \phi d}$$

Donde:

$\sigma'$  = esfuerzo normal efectivo sobre la superficie de falla;

$cd$  = cohesión efectiva y

$\phi d$  = el ángulo de fricción efectivo

Cuando las fuerzas actuantes son de igual magnitud, el talud se encuentra en un estado de falla incipiente (Das, 2001).

### 1.2.2. Método de análisis de estabilidad de taludes.

Los procedimientos de análisis de estabilidad de taludes se aplican para determinar el nivel de seguridad de los mismos y en base a este valor establecer medidas correctivas y de estabilización en taludes con problemas de inestabilidad (González et al., 2002; Sanhueza y Rodríguez, 2013). Los métodos de análisis de estabilidad de taludes involucran en un modelo físico-matemático las fuerzas que tienden a producir un movimiento de masa y las fuerzas que lo contrarrestan (Sanhueza y Rodríguez, 2013); se estudia a partir de dos tipos de análisis: determinista y probabilístico.

#### 1.2.2.1. Métodos determinísticos.

Son los llamados métodos clásicos, los cuales a partir de conocidas o supuestas las características geotécnicas del talud, determinan su estabilidad a partir de factores de seguridad (González et al., 2002). En esta clasificación

se encuentran los Métodos de equilibrio límite y Métodos numéricos (Bojorque Iñiguez, 2011; Budhu, 2015).

#### 1.2.2.1.1. Métodos de equilibrio límite (MEL).

Se basan en la comparación de las fuerzas resistentes y desestabilizadoras que actúan en una superficie de falla para analizar el equilibrio de una masa de suelo potencialmente inestable (González et al., 2002).

El análisis usa una serie de hipótesis iniciales que varían de acuerdo al método pero que en general se basan en la selección previa de una superficie teórica de rotura cinemáticamente posible, usan el criterio de falla de Mohr-Coulomb y consideran que la resistencia es igual a lo largo de todo el plano de falla (González et al., 2002).

El factor de seguridad correspondiente al talud es el menor valor encontrado después de evaluar varias superficies de falla cinemáticamente posibles. Para el cálculo del factor de seguridad si no se consideran fuerzas externas, las fuerzas actuantes sobre el talud corresponden a las debidas al peso del material, a la cohesión y a la fricción, entonces se tiene: (González et al., 2002).

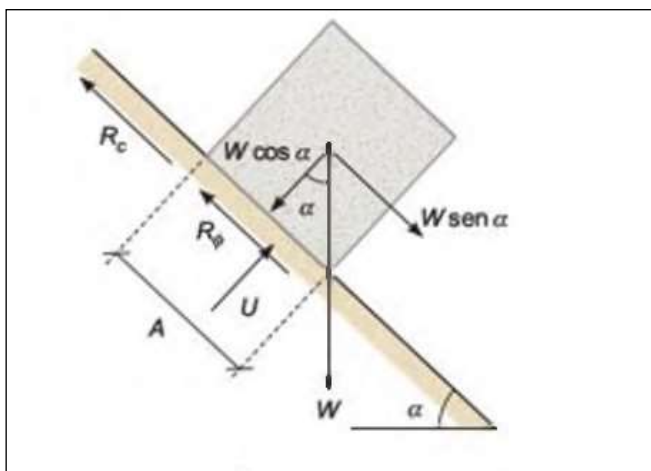


Figura 3: Fuerzas actuando sobre una superficie de rotura en un talud.

Fuente: González et al., 2002

Las fuerzas desestabilizadoras corresponden al componente del peso de material actuante en la dirección del plano de falla ( $W \sin \alpha$ ) y la resultante de las presiones del agua ( $U$ ) (González et al., 2002).

Las fuerzas que contrarrestan el movimiento corresponden a las fuerzas de cohesión ( $cA$ ), fricción interna ( $ta g \phi$ ) y a la componente normal del peso del suelo ( $W \cos \alpha$ ).

Ec. 3

$$F_s = \frac{cA + (W \cos \alpha - U) \tan \phi}{W \sin \alpha}$$

Donde:

$A$  = superficie del plano de rotura.

$W \cos \alpha$  = componente del peso del material en dirección al plano de rotura.

$U$  = presión intersticial sobre el plano de rotura.

$W \sin \alpha$  = componente del peso del material normal al plano de rotura.

Dentro del análisis de equilibrio límite existen dos tipos de métodos, los analíticos y numéricos; en los primeros la resolución se da a través de una ecuación y en los segundos después de un proceso iterativo (González et al., 2002).

#### 1.2.2.1.2. *Métodos de tenso-deformación.*

Estas metodologías superan la limitación de los métodos de equilibrio límite que no consideran las deformaciones y tensiones a presentarse en el terreno, además que toman un solo factor de seguridad a lo largo de la superficie de falla (Intituto Geológico y Minero de España, 2006). Los métodos tenso-deformacionales se basan en métodos matemáticos, el más aplicado el método de elementos finitos (Herrera, 2000), el cual permite modelar al evolución de deformaciones y tensiones que se generan al aplicar una carga cualquiera sobre el talud (González et al.,2002). El método se limita por su complejidad (Herrera, 2000).

#### 1.2.2.2. **Métodos probabilístico**

La metodología se basa en considerar los parámetros de mayor incertidumbre que intervienen en la estabilidad como variables aleatorias (Cruz, 2012;).

La confiabilidad se expresa en términos de probabilidad de falla (Pf) e índice de confiabilidad ( $\beta$ ), calculados a través de métodos de simulación o métodos analíticos en conjunto con análisis deterministas (Mbarka, Baroth, Ltifi, Hassis, & Darve, 2010).

##### 1.2.2.2.1. *Métodos analíticos.*

Comprende principalmente metodologías como:

- Primer Orden Segundo Momento (FOSM).
- Método de Estimación Puntual.



#### 1.2.2.2.2. *Métodos de simulación.*

Son métodos que emplean algoritmos numéricos para realizar una serie de simulaciones; incluyen principalmente métodos como:

- Simulación de Monte Carlo (MCS).
- Muestreo Importante (IS).

La selección de la metodología de análisis depende de las características geológicas y geotécnicas del material del talud, de la disponibilidad de datos, del alcance, importancia y objetivos del estudio (González et al., 2002).

### **1.3. Incertidumbre en la ingeniería geotécnica**

La ingeniería geotécnica está rodeado de múltiples incertidumbres, el caso de estudio de la estabilidad de taludes no es la excepción, es así que se reconocen tres categorías de incertidumbres: aleatoria, epistémica y error humano (Cruz, 2012).

- Incertidumbre aleatoria o natural: debida a la propiedad inherente de variabilidad de las características geotécnicas del suelo o roca (Cruz, 2012), determinada por los procesos de formación del macizo (Pineda-Contreras y Auvinet-Guichard, 2013). Este tipo de incertidumbre no puede reducirse mediante la recolección de más datos o la aplicación de modelos más completos, pero puede reducirse a través de simplificaciones matemáticas (Chistian y Beacher, 1995; Cruz, 2012).
- Incertidumbre epistémica: está referida a la incertidumbre de los procesos de exploración, recolección e interpretación de datos de la geología, las incertidumbres debidas a las simplificaciones de los modelos matemáticos para representar la problemática real (Hidalgo & Assis, 2011). Este tipo de incertidumbre puede disminuirse a través de una mayor cantidad de datos, con métodos de medición, cálculo y modelos más óptimos (Chistian y Beacher, 1995; Cruz, 2012).
- Error humano: referida a la impericia en el manejo de equipos de campo y laboratorio, que disminuyen la confiabilidad de los resultados (Cruz, 2012).

### **1.3.1. Representación de la incertidumbre en la ingeniería geotécnica.**

EL resultado de los estudios geotécnicos depende directamente de muchos factores de tipo aleatorio ocasionando que tal análisis esté sujeto a un alto grado de incertidumbre (Pineda-Contreras & Auvinet-Guichard, 2013). En ingeniería el tratamiento de la incertidumbre se realiza a través de la teoría de la probabilidad, de forma que las propiedades geotécnicas se manejan como variables aleatorias y es posible cuantificar el riesgo asociado a un evento de falla (Henriques, 2008; Pineda-Contreras & Auvinet-Guichard, 2013).

### **1.3.2. Conceptos básicos de probabilidad.**

#### **1.3.2.1. Variables aleatorias.**

Una variable aleatoria es la representación numérica del resultado de un experimento y puede tomar cualquier valor al azar (Depool y Monasterio, 2013; Walpole, Myres, y Myres, 1999). Existen dos tipos de variables aleatorias: discreta y continua; el primer tipo corresponde a variables con un espacio muestral finito o con valores infinitos contables (Castro & Villacampa, 1999). Las variables tipo continuas son variables cuyos valores posibles corresponden a todos los números de un intervalo, pudiendo ser de extensión infinita no numerable (Castillo, 2012; Walpole et al., 1999).

#### **1.3.2.2. Función de probabilidad.**

El comportamiento probabilístico de una variable aleatoria continua  $X$  se describe a través de una función matemática denominada función de densidad de probabilidad  $f(x)$  (Depool & Monasterio, 2013). La probabilidad de ocurrencia que una variable aleatoria  $X$  sea menor o igual a cierto valor  $t$ , se expresa por la ecuación:

Ec. 4

$$P[X \leq t] = F(t) = \int_{-\infty}^t f(x)dx$$

#### **1.3.2.3. Momentos probabilísticos de una variable aleatoria.**

Las medidas estadísticas describen la localización y la dispersión de los resultados obtenidos en los experimentos (Henriques, 2008). La localización de la distribución de probabilidad de una variable continua está definida por la media  $\mu$  o valor esperado  $E[x]$ , expresado por:

Ec. 5

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx$$

La variación de los datos de la distribución de probabilidad está definida por el segundo momentos de la media y se denomina varianza  $\sigma$  o  $V[x]$ , expresada por (Henriques, 2008):

Ec. 6

$$V[X] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 \cdot f(x) dx$$

La raíz cuadrada positiva de la varianza se denomina desviación estándar la cual define de forma más concreta la variabilidad de la densidad de probabilidad (Henriques, 2008).

#### **1.3.2.4. Distribuciones de probabilidad.**

EL comportamiento del resultado de un experimento está determinado por su distribución de probabilidad (Walpole et al., 1999), la cual se representa a través de un modelo matemático que permite calcular la probabilidad de una variable aleatoria continua (Rodríguez Ojeda, 1999).

##### *1.3.2.4.1. Distribución normal.*

La distribución normal se basa en la distribución normal de Gauss, por lo que también se la denomina distribución gaussiana (Henriques, 2008), cuyo comportamiento está definido por la siguiente expresión:

Ec. 7

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < x < +\infty$$

La grafica de la función de densidad es similar al perfil de una campana simétrica con centro en  $\mu$ , asíntota al eje horizontal y cuyos puntos de inflexión se ubican a  $\pm\sigma$  respecto a  $\mu$  (Rodríguez Ojeda, 1999).

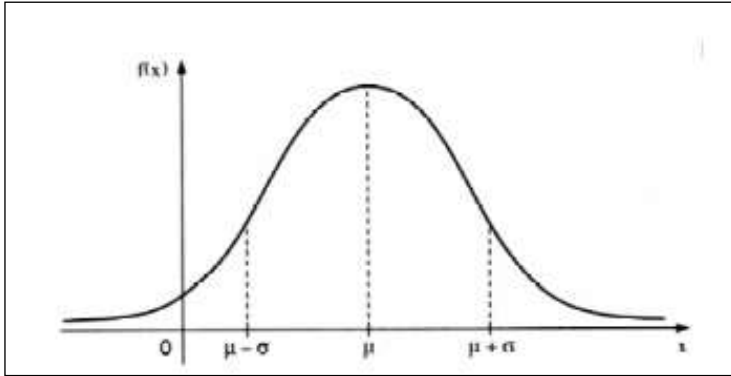


Figura 4: Gráfico de una distribución normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ .

Fuente: Rodríguez Ojeda, 1999

#### 1.3.2.4.2. Distribución log-normal.

Siendo  $Y$  una variable aleatoria con distribución normal y  $\ln(x)=Y$ , entonces la variable aleatoria  $X$  tiene una densidad log-normal (Henriques, 2008), cuya función se describe por la ecuación:

Ec. 8

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad x > 0$$

Donde la media y la variancia se determina a través de:

Ec. 9

$$\mu = \ln(E[x]) - 0.5 \cdot \left[ \ln\left(1 + \left(\frac{s}{E[x]}\right)^2\right) \right]$$

Ec. 10

$$\sigma^2 = \ln\left[1 + \left(\frac{s}{E[x]}\right)^2\right]$$

La gráfica de la función se presenta en la figura 5.

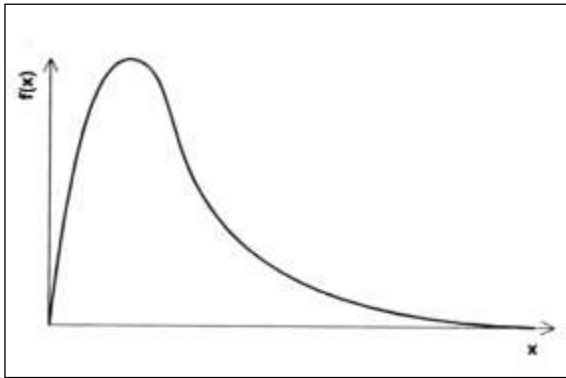


Figura 5: Gráfica de una distribución log-normal.

Fuente: Henriques, 2008

#### 1.3.2.4.3. Distribución gamma.

Una variable aleatoria continua  $X$  tiene una distribución gamma si la función de densidad se expresa como:

Ec. 11

$$f(x) = \left\{ \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \right\} \quad x > 0$$

Donde

$\alpha$  y  $\beta$  = parámetros del modelo con valores mayores a 0

$\Gamma(\alpha)$  = función gamma, definida por:

Ec. 12

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$$

La gráfica de la función gamma se presenta en la figura 6.

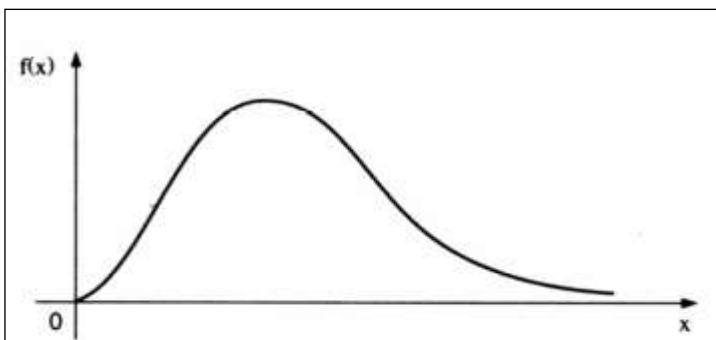


Figura 6: Gráfico de una distribución gamma.

Fuente: Henriques, 2008

**CAPÍTULO II**  
**ÁREA DE ESTUDIO**

## 2.1. Descripción general

Los casos de estudio corresponden a dos taludes ubicados en la provincia de Loja, cantón y ciudad del mismo nombre, ambos emplazados al noreste de la urbe; con características prácticas para la aplicación de la metodología planteada y cuyo deslizamiento comprometería pérdidas económicas sobre la vía y los moradores de su alrededor.

Debido principalmente a factores como la latitud y el relieve, la zona de estudio cuenta con un clima templado-ecuatorial subhúmedo, presentando poca variación térmica que oscila entre 16 °C y una distribución prácticamente constante de 900mm de precipitación a largo del año (PNUMA et al., 2007).

## 2.2. Zona de estudio uno



Figura 7: Zona de estudio 1.

Fuente: Elaboración propia.

La primera zona de estudio se ubica en el barrio El Pedestal, en la Av. Manual Carrión Pinzano; en las coordenadas UTM 698903 m E; 9557972 m N y a un nivel de 2146 msnm. El talud presenta una característica topográfica irregular con pendiente promedio de 52%; en toda la superficie existe presencia de vegetación silvestre típica del lugar. La zona del talud comprende un área aproximada de 8282.45 m<sup>2</sup>.



Figura 8: Ubicación zona de estudio 1.

Fuente: Google earth 2016

### 2.3. Zona de estudio dos



Figura 9: Zona de estudio 2.

Fuente: Google earth 2016

La segunda zona de estudio se encuentra en la ciudadela El Bosque, en las coordenadas UTM 698731m E; 9559571m N y a una altitud de 2100 msnm. Topográficamente presenta una pendiente fuerte promedio de 76%, totalmente descubierto de vegetación en el cuerpo del talud pero provisto de árboles en la corona y sus proximidades; la zona a estudiar comprende una superficie aproximada de 3418.2 m<sup>2</sup>.





Figura 10: Ubicación de zona de estudio 2.

Fuente: Google earth 2016

#### **2.4. Geología de la zona de estudio**

De acuerdo al mapa geológico regional de la cuenca de Loja publicado Kennerley y Almeida (1975), el talud de la zona 1 se ubica sobre la formación Quillollaco, cuyo material está conformado por materiales coluviales. El talud de la zona 2 está ubicado entre la misma formación Quillollaco y la Unidad Chiguinda, esta última formada por material del tipo filitas, cuarcita y esquisto.

La ubicación de las zonas de estudio en el mapa geológico de Loja se presenta en la siguiente figura.

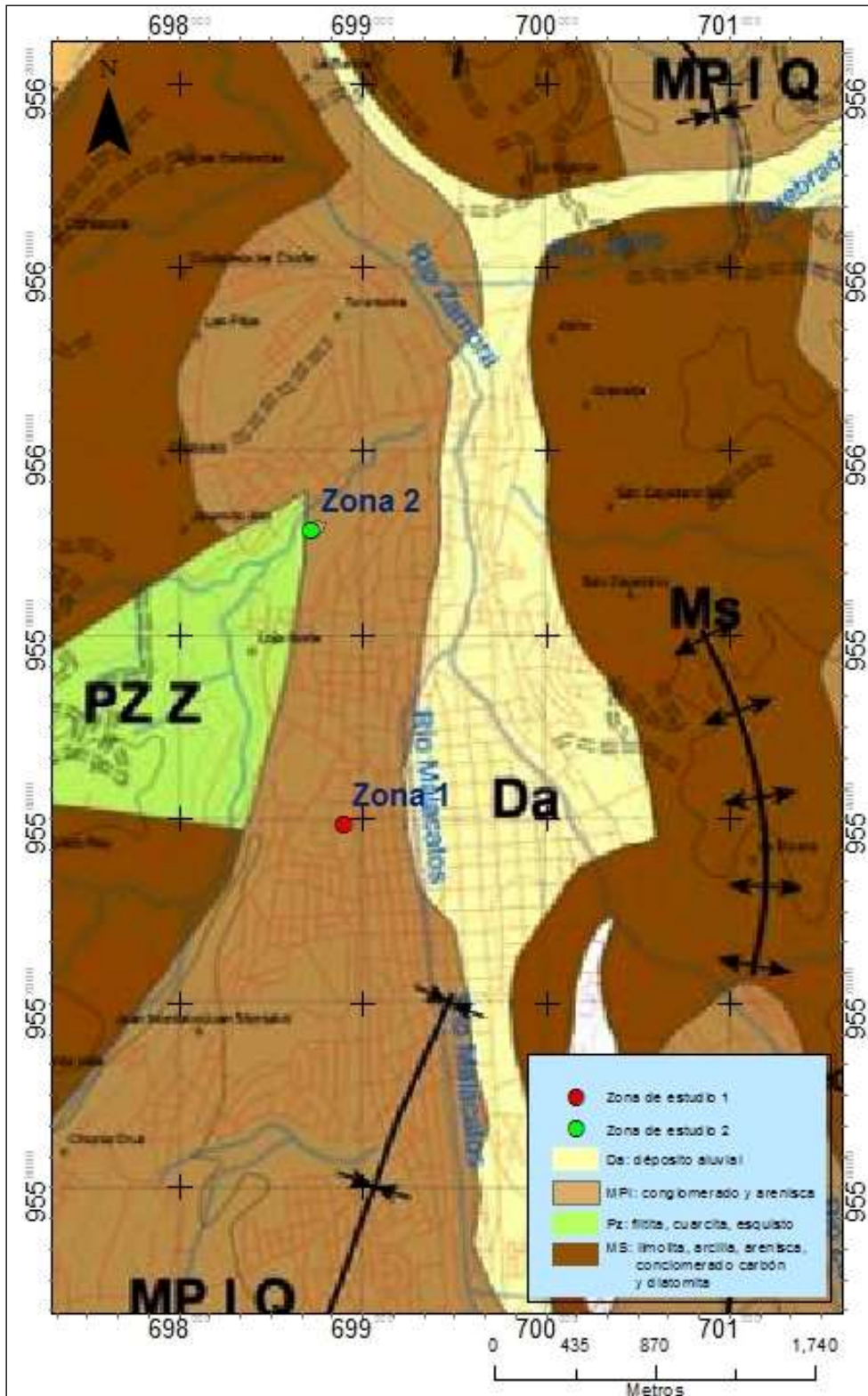


Figura 11: Geología de la zona de estudio 1 y 2

Fuente: Adaptado de Kennerley y Almeida, 1975

Generado en: QGis

## 2.5. Características geotécnicas

Geotécnicamente el material de las zonas de estudio presenta las siguientes características:

Tabla 1: Características geotécnicas de la Zona 1.

Característica	Unidad	Z1-C-P1	Z1-ML-P2	Z1-ML-P3	Z1-P-P4
<b>USCS</b>		GP	SP-SC	SC	SM-SC
<b>AASHTO</b>		A-2-6	A-2-6	A-2-7	A-1-b
<b>Peso específico húmedo(<math>\gamma</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	18.65	16.78	17.98	17.77
<b>Peso específico seco (<math>\gamma_{unsat}</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	17.79	15.78	15.92	16.19
<b>Permeabilidad (K)</b>	m/día				4.52E-05
<b>Cohesión (c)</b>	kN/m <sup>2</sup>	9.8	34.32	29.42	14.7
<b>Ángulo de fricción (<math>\phi</math>)</b>	(°)	39	39	35	31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Características geotécnicas de la Zona 2.

Característica	Unidad	Z2-C-P1	Z2-P-P2
<b>USCS</b>		CL	SC
<b>AASHTO</b>		A-4	A-6
<b>Peso específico húmedo(<math>\gamma</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	20.31	19.33
<b>Peso específico seco (<math>\gamma_{unsat}</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.07	16.69
<b>Permeabilidad (K)</b>	m/día	3.84E-06	
<b>Cohesión (c)</b>	kN/m <sup>2</sup>	139.74	65.7
<b>Ángulo de fricción (<math>\phi</math>)</b>	(°)	35	27

Fuente: Elaboración propia.

Los datos expuestos se obtuvieron a partir de ensayos de laboratorio sobre muestras extraídas de las zonas mediante sondeos.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1. Generalidades

El desarrollo de la presente investigación abarca seis etapas generales, las cuales se presentan en el siguiente esquema.

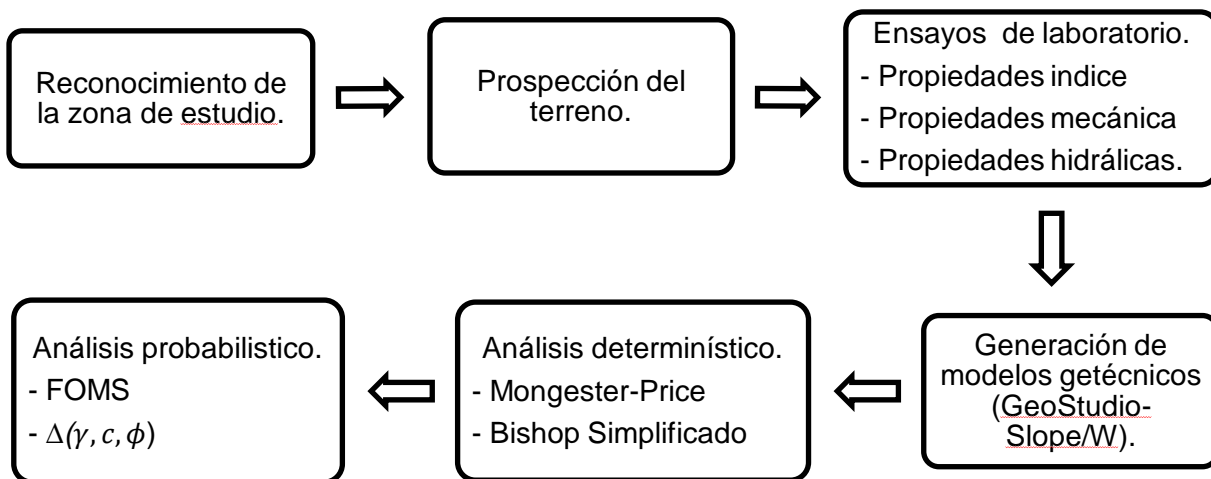


Figura 12: Esquema metodológico de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Reconocimiento de la zona de estudio

Consistió en una visita de campo a la zona de estudio para el reconocimiento de las características del terreno, de la configuración superficial, de estructuras cercanas y posibles zonas de deslizamiento a fin de determinar el número y la ubicación de los puntos de sondeo, atendiendo las disposiciones descritas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) (2015), incluidas en el capítulo de Geotecnia y Cimentaciones.

La etapa también comprende la recopilación de información topografía y geológica de zona, para tal finalidad se realizó el levantamiento topográfico a partir del cual se extrae información de la geometría de los perfiles a analizar.

### 3.3. Prospección del terreno

Hace referencia a la etapa de exploración y muestreo, la cual se realizó a través de exploración directa de campo mediante calicatas (NEC, 2015). A una profundidad de 1 m para la toma de muestras alteradas con herramientas manuales y atendiendo los

requerimientos descritos por la NTE INEN 686. Las muestras alteradas se usaron para ensayos de caracterización básica del suelo.

La toma de muestras inalteradas se realizó a través de sondeos manuales con tubos de pared delgada a 1.5m, para ensayos de propiedades geomecánicas y atendiendo los requerimientos descritos por la NTE INEN 687.

La extracción de muestras se realizó dentro de la delimitación de los taludes tomando en cuenta que los puntos se localicen sobre posibles zonas de deslizamiento, acceso al sitio de muestreo, características y variabilidad del subsuelo, ubicación de los estratos (Esparza, 2014).

### **3.4. Ensayos de laboratorio**

Las muestras obtenidas se transportaron al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Técnica Particular de Loja para la realización de los ensayos correspondiente a fin de determinar las propiedades índice, mecánicas e hidráulicas de los suelos. Los ensayos desarrollados se realizaron bajo los procedimientos descritos en las normativas correspondientes.

#### **3.4.1. Ensayo para la determinación del contenido de humedad \_ Método del secado al horno.**

Permite determinar el porcentaje de masa del agua intersticial o de poro contenida en una masa de partículas sólidas (Das, 2012; NTE INEN, 685); a través del procedimiento descrito por las Normas americanas ASTM D 2216-71, AASHTO T 265-93 y la ecuatoriana NTE INEN 690.

#### **3.4.2. Ensayo para análisis granulométrico por tamizado.**

Para determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de partículas de una muestra de suelo seco, a través del procedimiento descrito por las normativas AASHTO T 88-00, ASTM D 422 y NTE INEN 697,

#### **3.4.3. Ensayo para la determinación del límite líquido por el método de Casa Grande.**

Permite conocer el porcentaje de humedad al que las partículas sólidas de material seco pasan del estado líquido al plástico (Das, 2012, NTE INEN 685). Para su desarrollo se siguió el procedimiento descrito en las normas AASHTO T 89-02, ASTM D4318, NTE INEN 691.

#### **3.4.4. Ensayo para determinar el límite plástico.**

Para determinar el contenido de humedad al que las partículas sólidas de material seco pasan de los estados plástico al sólido (Das, 2012, NTE INEN 685). Bajo el seguimiento de las normas AASHTO T 90-00, ASTM D 4318 y NTE INEN 692.

#### **3.4.5. Ensayo para la determinación de parámetros de resistencia al corte mediante compresión triaxial.**

Los parámetros de resistencia del suelo analizado (peso específico, cohesión y ángulo de fricción interna) se determinaron a través de ensayo de compresión triaxial del tipo consolidado drenado, a fin de analizar para condición a largo plazo con métodos de esfuerzos efectivos (Hurtado, 1994). Los ensayos se desarrollaron siguiendo los procedimientos descritos por la AASHTO T-296 y ASTM D-2850.

#### **3.4.6. Ensayo estándar para para la resistencia a la compresión no-confinada de suelo cohesivo.**

La resistencia a la compresión no confinada corresponde al mínimo esfuerzo de compresión para que una probeta cilíndrica de suelo de condiciones inalterada o remoldeada alcance su punto de falla bajo condiciones normalizadas (Das, 2012). A más de la resistencia a la compresión el ensayo permitió determinar; la resistencia al corte; mismo que se desarrolló bajo los procedimientos descritos por la normativa ASTM D 2166.

#### **3.4.7. Ensayo para determinación del coeficiente de permeabilidad de suelos.**

Para determinar el grado de permeabilidad de un suelo cohesivo o granular, determinado por el coeficiente de permeabilidad el cual mide la capacidad de un suelo para dejar pasar al agua bajo la acción de una carga hidrostática por tiempo unitario (Das, 2012). El ensayo se llevó a cabo siguiendo los procedimientos descritos en las normativas ASTM D2434, ASTM D 5084 y AASHTO T215.

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se presentan en el anexo C.

### **3.5. Generación de modelos geotécnicos**

El análisis de las condiciones de estabilidad de los taludes se realizó a través del software GeoStudio-Slope/W [Versión estudiantil], en donde se generaron modelos a partir de la

configuración geométrica del terreno, la estratigrafía, las propiedades geotécnicas e hidráulicas y la ubicación del nivel freático. Esto con el fin de evaluar los taludes y determinar el nivel de estabilidad de los mismos.

### **3.6. Análisis determinístico de estabilidad de taludes**

El modelo digital se sometió al análisis de equilibrio límite para después de un proceso de repetidas simulaciones determinar la superficie crítica de rotura del talud. Dada la condición de desconocimiento del tipo de superficie de falla se procedió a usar el método de Morgenstern y Price (1965); reconocido como un método riguroso, por satisfacer las tres condiciones de equilibrio estático, además de devolver resultados consistentes y no presentar mayor dificultad numérica (Bojorque Iñiguez, 2011; Suárez, 2001).

### **3.7. Análisis de confiabilidad de estabilidad de taludes**

El análisis de confiabilidad considera la variabilidad espacial y la incertidumbre de los datos de análisis, (Torres, 2007; Banaki et al., 2013) obteniendo los resultados en forma de una distribución probabilística de una variable dependiente (Torres, 2007) en función de las distribuciones estadísticas de las variables independientes (Valencia, 2012).

En el análisis de estabilidad de taludes, el factor de seguridad es la variable dependiente, cuya curva se determina a partir de la suposición de las distribuciones estadísticas de los parámetros geotécnicos, que corresponden a las variables independientes del análisis (Valencia, 2012)

La base del desarrollo del análisis de confiabilidad es el modelo determinista generado anteriormente y con el procedimiento de análisis descrito a continuación.

#### **3.7.1. Selección de las variables y parámetros de entrada.**

Como variables independientes para el análisis de confiabilidad se escogieron algunos de los factores influyentes en la estabilidad y que presenta variabilidad espacial a lo largo del talud, tales como el peso unitario, cohesión y ángulo de fricción interna del suelo

#### **3.7.2. Método probabilístico**

El análisis probabilístico se realizó a través del método de índice de confianza, el cual es una aplicación directa del método de Primer Orden Segundo Momento (FOSM) (Escobar y Valencia, 2012); siguiendo el procedimiento sugerido por Assis (2002):



- Se calcula la varianza del factor de seguridad por el método de FOSM; correspondiente a los incrementos de cada una de las variables independientes que interviene en el análisis (Escobar y Valencia, 2012).  
Determinada a través de la ecuación:

Ec. 13

$$V[FS] = \left[ \frac{\partial FS}{\partial tg\phi'} \right]^2 \cdot V[tg\phi'] + \left[ \frac{\partial FS}{\partial c'} \right]^2 \cdot V[c']$$

- Se determina el índice de confiabilidad, definido por la expresión: (Valencia, 2012)

Ec. 14

$$\beta = \frac{\{E[fs] - 1\}}{\sigma[FS]}$$

Donde:

$E[FS]$  = valor esperado del factor de seguridad calculado con los parámetros medios a través de un método determinístico.

$\sigma [FS]$  = desviación estándar del factor de seguridad.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1. Generalidades

El desarrollo de la presente investigación comprende dos etapas: la primera que corresponde al análisis determinístico empleando los métodos de Morgenstern-Price y Bishop simplificado, de donde se obtiene factores de seguridad para los diferentes perfiles considerados en los taludes; la segunda parte del análisis comprende el análisis probabilístico aplicando el método índice de confianza, para determinar el índice de confiabilidad y probabilidad de falla de las zonas de estudio.

#### 4.2. Datos iniciales del análisis

De los ensayos de laboratorio detallados en el capítulo anterior se obtuvieron los parámetros de resistencia de los suelos que conforman los taludes en estudio, además de otras características importantes para su modelamiento y análisis, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 3: Zona1-Características geotécnicas.

Pto.	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c kPa	$\phi$ °	CH %	K (cm/s)
Z1-C-P1	18.65	9.80	39.00	6.28	
Z1-ML-P2	16.78	34.32	39.00	6.93	
Z1-ML-P3	17.98	29.42	35.00	17.56	4.52E-05
Z1-P-P4	17.77	14.70	31.00	10.39	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Zona2-Características geotécnicas.

Pto.	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c kPa	$\phi$ °	CH %	K (cm/s)
Z2-C-P1	20.31	139.74	35.00	5.83	3.84E-06
Z2-P-P2	19.07	65.70	27.00	14.70	

Fuente: Elaboración propia.

Los datos presentados se consideran para el caso de estudio como los valores medios de los parámetros geotécnicos.

### 4.3. Análisis determinístico

En base a las características geotécnicas y la configuración geométrica del terreno se generan los modelos digitales de los taludes en estudio.

Las figuras 11 y 12 muestran los modelos geotécnicos generados en el módulo GoeStudio-Slope/W sobre el cual se efectúa el cálculo del factor de seguridad aplicando el método de Morgenstern-Price y Bishop simplificado; mismos que después de un proceso iterativo muestran el menor factor de seguridad para una superficie de falla crítica.

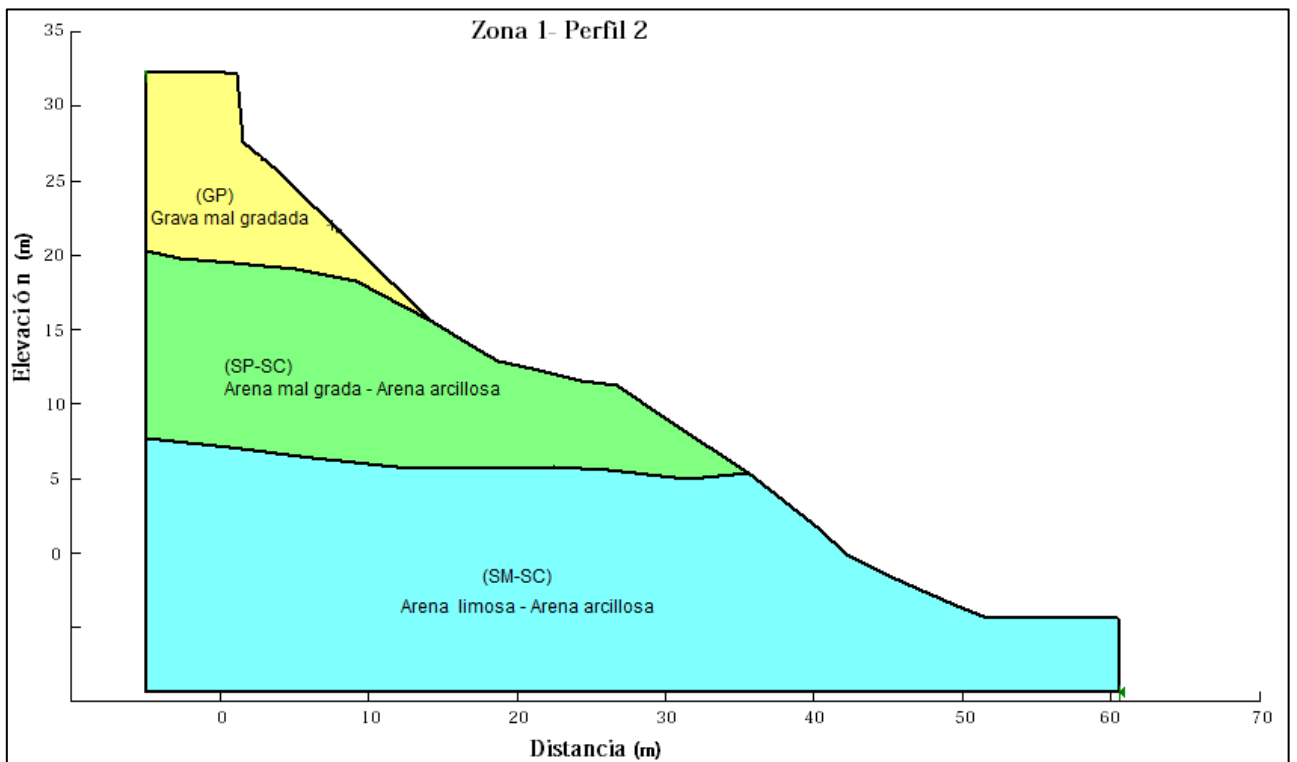


Figura 13: Zona 1- Modelo geotécnico generado en GeoStudio (Slope/W).

Fuente: Elaboración propia

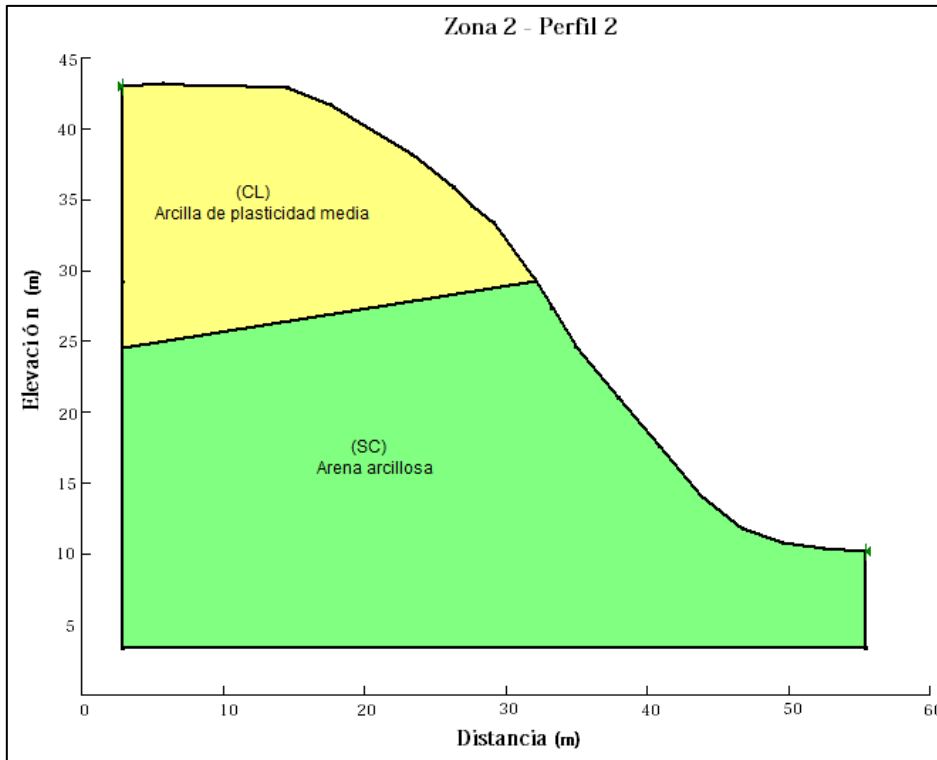


Figura 14: Zona 2- Modelo geotécnico generado en GeoStudio (Slope/W).

Fuente: Elaboración propia

El análisis determinístico obtenido a partir de los datos medios de los parámetros geotécnicos se considera como el valor esperado del FS; los valores obtenidos para los perfiles analizados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5: Factores de seguridad para la zona 1 y 2 sin considerar NF.

FS	Zona 1		Zona 2	
	Mongester-Price	Bishop simplificado	Mongester-Price	Bishop simplificado
1	1.977	1.981	1.696	1.647
2	1.790	1.791	3.862	3.815
3	1.801	1.804	4.437	4.421
4	2.114	2.132	1.689	1.655

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Factores de seguridad para la zona 1 y 2 considerando NF.

FS	Zona 1		Zona 2	
	Mongester- Price	Bishop simplificado	Mongester- Price	Bishop simplificado
<b>1</b>	1.189	1.184	1.244	1.239
<b>2</b>	1.042	1.033	1.155	1.069
<b>3</b>	1.186	1.180	1.472	1.294
<b>4</b>	2.095	2.105	1.273	1.278

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis determinista de cada talud y sin considerar el nivel freático, estos presentan una estabilidad aceptable a lo largo de toda su longitud, cumpliendo con los criterios y recomendaciones de diseño más aceptadas, que establecen un factor de seguridad mínimo de 1.5 para condición estática (Klohn Leonoff Ltd, 1991; Oliva, 2015). Sin embargo esta es una evaluación previa, dado que no deja apreciar el nivel de riesgo de las secciones.

El factor de seguridad del talud corresponde al menor valor obtenido del análisis determinista, por lo tanto el perfil correspondiente es sobre el cual se realizará el análisis de confiabilidad. En el caso de estudio los perfiles 2 y 4 correspondientes a los taludes de las zonas 1 y 2, respectivamente, son los perfiles a analizar y en ellos el estrato que de acuerdo a la clasificación presentará una mayor inestabilidad; para el caso de estudio se realizó el análisis de confiabilidad al estrato de tipo arenoso

El desarrollo del análisis de confiabilidad se inicia en base del modelo determinista donde se evalúa el talud tomando en cuenta la variación de los parámetros de resistencia del suelo: peso específico ( $\gamma$ ), cohesión ( $c$ ) y ángulo de fricción ( $\phi^\circ$ ). Para lo cual se considera que cada parámetro incrementa y disminuye en el valor de la desviación estándar correspondiente; la misma que se determina a partir de los datos de coeficiente de variación de los parámetros geotécnicos recogidos de diferentes autores y presentados por Henriques (2008). Los valores de coeficiente de variación y desviación estándar que se adoptaron en el presente estudio se detallan en las tablas 7 y 8 para las zonas 1 y 2, respectivamente.

Tabla 7: Parámetros estadísticos de la zona 1.

	$\mu$	C.V.	$\sigma$	$\sigma^2$
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.78	5	0.839	0.704
$c$ (kPa)	34.32	40	13.728	188.458
$\phi^\circ$	39	8	3.120	9.734

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Parámetros estadísticos de la zona 2.

	$\mu$	C.V.	$\sigma$	$\sigma^2$
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.07	5	0.954	0.909
$c$ (kPa)	<b>65.7</b>	<b>20</b>	<b>13.140</b>	<b>172.660</b>
$\phi^\circ$	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>2.160</b>	<b>4.666</b>

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes tablas presentan los valores obtenidos de factor de seguridad para cada variación y condición de nivel freático:

Tabla 9: FS de la zona 1 sin considerar NF.

FS	Mongester-Price		Bishop simplificado	
	$-\sigma$	$+\sigma$	$-\sigma$	$+\sigma$
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	1.826	1.767	1.827	1.768
$c$ (kPa)	1.714	1.864	1.718	1.863
$\phi^\circ$	1.784	1.818	1.785	1.839

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: FS de la zona 2 sin considerar NF.

FS	Mongester-Price		Bishop simplificado	
	$-\sigma$	$+\sigma$	$-\sigma$	$+\sigma$
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	1.700	1.679	1.670	1.642
$c$ (kPa)	1.591	1.789	1.538	1.771
$\phi^\circ$	1.619	1.780	1.573	1.740

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: FS de la zona 1 considerando NF.

FS	Mongester-Price		Bishop simplificado	
	$-\sigma$	$+\sigma$	$-\sigma$	$+\sigma$
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	1.054	1.061	1.046	1.054
$c$ (kPa)	1.036	1.076	1.027	1.069
$\phi^\circ$	1.047	1.066	1.035	1.061

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: FS de la zona 2 considerando NF.

FS	Mongester-Price		Bishop simplificado	
	$-\sigma$	$+\sigma$	$-\sigma$	$+\sigma$
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	1.147	1.167	1.071	1.066
$c$ (kPa)	1.075	1.247	0.970	1.166
$\phi^\circ$	1.112	1.226	1.038	1.118

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se puede apreciar la similitud en los valores de factor seguridad entre los métodos de Mongester-Price y Bishop Simplificado. Por lo tanto para superficies de deslizamiento circular el método de Bishop Simplificado proporciona resultados tan confiables como los obtenidos por otros métodos exactos de equilibrio límite.

Al comparar los resultados para las condiciones de napa freática, se observa que el nivel de seguridad es menor cuando se considera la presión hidrostática, la cual disminuye significativamente los esfuerzos efectivos, por lo tanto la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales conformantes del talud.

#### 4.4. Análisis de confiabilidad

Siguiendo la metodología del FOSM se determina través de la ecuación 13 la varianza o segundo momento de las variables aleatorias que representa los valores de las propiedades de resistencia de los suelos.

A continuación se presentan los valores del coeficiente de variación, desviación estándar y coeficiente variación del factor de seguridad para las zonas de estudio y las condiciones establecidas de nivel freático:



Tabla 13: Varianza, desviación estándar y coeficiente de variación del FS para la zona 1 y 2 sin considerar NF.

	Zona 1		Zona 2	
	M-P	BS	M-P	BS
$\sigma^2$ (FS)	0.0068	0.0069	0.0164	0.0207
$\sigma$ (FS)	0.0824	0.0828	0.1280	0.1440
CV(%)	4.6015	4.6230	7.5802	8.7019

Fuente: Elaboración propia.

El análisis también contempla la situación crítica condicionada por la presencia del nivel freático, para los casos de estudio se ha considerado un nivel de agua a 5m de la superficie; los resultados de esta condición se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Varianza, desviación estándar y coeficiente de variación del FS para la zona 1 y 2 considerando NF.

	Zona 1		Zona 2	
	M-P	BS	M-P	BS
$\sigma^2$ (FS)	0.0005	0.0006	0.0107	0.0112
$\sigma$ (FS)	0.0224	0.0250	0.1037	0.1059
CV(%)	2.1390	2.3693	8.8438	8.8974

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de influencia de los parámetros geotécnicos en el cálculo de la varianza se deduce que la cohesión es la que más peso tiene en la estabilidad del talud, resultado que se apoya en diversas investigaciones previas (ejem. Henriques, 2001). Por lo tanto el peso específico del suelo tiene muy poca incidencia en la probabilidad de falla del talud.

Posterior y en base a los primeros momentos se determina el valor del índice de confiabilidad,  $\beta$  y la probabilidad de falla,  $P_f$  asumiendo que la función del factor de seguridad sigue una distribución de probabilidad normal. La probabilidad de falla se calcula para una falla inminente, es decir la probabilidad para que el factor de seguridad tome valores iguales o menores a cero. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15: Índice de confiabilidad y probabilidad de falla para las zonas 1 y 2 sin considerar NF.

	Zona 1		Zona 2	
	M-P	BS	M-P	BS
$\beta$	9.591	9.553	5.382	4.548
<b>Pf N(x≤1)</b>	4.35E-20	6.28E-20	3.69E-06	2.71E-06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Índice de confiabilidad y probabilidad de falla para las zonas 1 y 2 considerando NF

	Zona 1		Zona 2	
	M-P	BS	M-P	BS
$\beta$	2.141	2.238	1.534	1.502
<b>Pf N(x≤1)</b>	1.61	1.26	6.25	6.658

Fuente: Elaboración propia.

El índice de confiabilidad y la probabilidad de falla del talud presentan una relación inversa. Cuanto menor es el valor del índice de confiabilidad, mayor es la probabilidad de falla a presentarse.

La evaluación de la probabilidad de falla es una de las dificultades en el análisis de confiabilidad, dado que existe muy poca información acerca del valor sobre el cual se presenta un nivel de seguridad adecuado, la siguiente tabla fue presentada por Kerguelen & Asesor (2009) y presenta valores admisibles de probabilidad de falla.

Tabla 17: Valores de probabilidad de falla aceptables.

Año	Autor	POF (%)
1977	Piteau	10
1982	Meyerhof	1-0.001
1983	Priest	0.3-20
1988	Hantz	15-30
1991	Hoek	10-15
1991	Genske	0.1-1
1993	Sandroni	2
1995	Wittlestone	0.5

Fuente: Kerguelen & Asesor, 2009

De donde se deduce que dada la variabilidad de los datos geotécnicos y sin considerar la presencia de nivel freático existe una posibilidad muy baja de que el factor de seguridad sea menor o igual que 1, y por lo tanto de que se presente un fenómeno de deslizamiento. Por otra parte, al considerar la presencia de nivel freático y sabiendo que este afecta la resistencia al desplazamiento se deduce y se compara con los resultados obtenidos que la probabilidad de que ocurra un evento adverso aumenta considerablemente.

## CONCLUSIONES

Al culminar la presente investigación se expresa las siguientes conclusiones deducidas del análisis de resultados y de la comparación teórica:

- De la etapa de caracterización geotécnica se reconoce los tipos de suelos que conforman los taludes; la primera zona de estudio está conformada de acuerdo a la clasificación SUCS por gravas y arenas en una matriz de arcilla; la segunda zona de estudio compuesta de dos estratos visualmente diferenciados y que de acuerdo a la clasificación SUCS se trata de un horizonte arcilla de mediana plasticidad y otro de arena arcillosa.
- El análisis determinista de la estabilidad de los taludes a través de las metodologías de Mongester-Price y Bishop Simplificado muestran una estabilidad adecuada para ambas zonas de estudio. Representada por factores de seguridad de 1.790 y 1.791 para la zona de estudio uno y de 1.689 y 1.655 para la zona de estudio dos. En ambas zonas se cumple con un factor seguridad mayor al recomendado de 1.5.
- De los valores de coeficiente de variación mostrados en la tabla 13 se deduce que para ambas zonas de estudio los valores de factores de seguridad considerando la variabilidad de los parámetros geotécnicos presentan un bajo nivel de variación respecto al valor medio de factor de seguridad.
- El análisis de estabilidad de taludes a través de metodologías probabilísticas permite complementar la información del nivel de seguridad a través de la evaluación de la confiabilidad y de la probabilidad de falla, sin embargo esto no garantiza la inmunidad del talud.
- El método de Primero Orden Segundo Momento permite reconocer las propiedades geotécnicas que influyen mayormente en la estabilidad del talud, para los casos de las zonas de estudio la cohesión influye en más de un 50%.
- La presencia de nivel freático en los taludes reduce la resistencia al esfuerzo cortante, por lo tanto los valores del factor de seguridad se reducen; para el caso de

estudio hasta niveles no recomendables por los criterios profesionales. Consecuentemente la probabilidad de falla aumenta significativamente.

- Los valores de probabilidad de falla mostrados en la tabla 15 están por debajo de los valores máximos recomendados (tabla 17), por lo tanto existe una probabilidad muy baja de que se presenten un fenómeno de deslizamiento.

## RECOMENDACIONES

- Un aspecto importante en la parte inicial de todo estudio geotécnico es la limitante del número de ensayos posibles sin que estos afecten significativamente la viabilidad económica del proyecto. Esta circunstancia conduce a que la heterogeneidad del suelo no sea representada adecuadamente, por lo tanto se hace más asequible el uso de metodologías deterministas lo que de acuerdo a Torres (2007), conduce a factores de seguridad muy conservadores. Por lo tanto se recomienda ante esta situación complementar la caracterización mecánica de los suelos con el uso de análisis matemáticos como el proceso de back-análisis u otra técnica numérica a fin de obtener un conjunto de datos de parámetros geotécnicos y con ellos determinar sus parámetros estadísticos.
- Si bien las metodologías probabilísticas permiten valorar la confiabilidad de la estabilidad del talud, esto no necesariamente significa la inmunidad ante la aparición de fallas; por lo tanto el análisis debe contemplar diferentes escenarios.
- El proceso de análisis en ingeniería geotécnica está influenciado por múltiples incertidumbres, siendo en algunos casos mayores debido principalmente a la falta de información o a procesos deficientes de caracterización geotécnica. En situaciones en que la incertidumbre es mayor se recomienda considerar la teoría de confiabilidad a fin de cuantificar el nivel de riesgo y la probabilidad de falla del elemento. Así también se recomienda el uso de metodologías probabilísticas en los casos en que la falla de los elementos involucre intereses económicos y sociales.
- El método de Bishop Simplificado proporciona resultados bastante semejantes a los obtenidos por el método de Mongester-Price, sin embargo el primero no considera todas las condiciones de la estática; por lo tanto sus resultados deben manejarse desde la experiencia profesional. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que los resultados de los métodos determinísticos empleados en la presente investigación están sujetos a ciertas limitaciones, propias de la metodología de equilibrio límite.

## BIBLIOGRAFÍA

- Assis, A.P. (2002). *Métodos estadísticos e probabilísticos em geotecnia*. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de engenharia civil e ambiental, Brasil.
- Bojorque, J. (2011). Métodos para el análisis de la estabilidad de pendientes. *Maskana*, 2(2), 1–16.
- Budhu, M. (2015). *Soil Mechanics and Foundations, 3rd Ed.* John Wiley & Sons.
- Castillo, J. (2012). *Apuntes de Estadística para Ingenieros*. Manuscrito no publicado. Disponible en: <http://www4.ujaen.es/~ajsaez/recursos/EstadisticaIngenieros.pdf>.
- Castro, M., & Villacampa, Y. (1999). *Estadística Aplicada a la Ingeniería Civil*, 1 Ed. Spain: Club Universitario.
- Christian, J. T.; Ladd, C. C. y Baecher, G. B. (1995). Reliability applied to slope stability analysis. *Journal of Geotechnical Engineering*, 120(12), 2180–2207.
- Corominas, J. (1989). Tipos de rotura en laderas y taludes. En: J. Corominas (Ed.). *Estabilidad de Taludes y Laderas Naturales*. Monografía nº3. Sociedad Española de Geomorfología. Zaragoza.
- Cruz, L. (2012). *Análisis Probabilístico de Fallas Superficiales en Taludes Debido a Procesos de Infiltración* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 7ma Ed.* México: Cengage Learning .
- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería de geotécnica*. México: Cengage Learning .
- Depool , R. y Monasterio, D. (2013). Probabilidad y estadística. aplicaciones a la ingeniería, 1–314. Manuscrito no publicado. Disponible en: <http://www.bqto.unexpo.edu.ve/>
- Duncan, J. (2000). Factors of safety and reliability in geotechnical engineering. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 126(4), 307–316.
- Escobar, L. J. y Valencia, Y. (2012). Análisis de estabilidad y probabilidad de falla de dos taludes de suelo tropical en la autopista Medellín – Bogotá en el tramo de vía entre Marinilla y Santuario .. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 31, 51–64.
- Esparza, C. (2009). *Guía Didáctica de Geotecnia*. Manuscrito no publicado. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/224444437/Guia-Parte-i-de-Geotecnia-2009>
- Esparza, C. (2014). Apuntes de Clase: Exploracion subterránea.
- Gonzalez de Vallejo, L.; Ferrer, M; Ortuño, L y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson Educación.

- Henriques, R. (2008). *Aplicações de probabilidade e estatística em análises geotécnicas* (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica do Rio de Janeiro, Brazil.
- Herrera, F. (2000). *Análisis de estabilidad de taludes*. Disponible en:  
[http://www.geotecnia2000.com/files/publicaciones/Analisis\\_de\\_Estabilidad\\_de\\_Taludes\\_Rocosos.pdf](http://www.geotecnia2000.com/files/publicaciones/Analisis_de_Estabilidad_de_Taludes_Rocosos.pdf)
- Hidalgo, C. y Assis, A. (2011). Herramientas para análisis por confiabilidad en geotecnia: Aplicación, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 79–86.
- Hidalgo, C. y Assis, A. (2011). Herramientas Para Análisis Por Confiabilidad En Geotecnia: La teoría, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 69-78.
- Intituto Geológico y Minero de España. (2006). *Manual de ingeniería de taludes*.
- Kennerley, JB. y Almeida, L. (1975). Mapa Geológico del Ecuador, hoy de Loja (56), escala 1:1000 000. Instituto Geográfico Militar (IGM), Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos (MRNE), Dirección General de Geología y Minas (DGGM) y Institute of Geological Sciences London (IGS).
- Kerguelen, A., & Asesor, A. (2009). *Análisis probabilístico de estabilidad de taludes*. (Tesis de maestría). Universidad de los Andes, Colombia.
- Klohn Leonoff Ltd. (1991). Operation and monitoring of mine dumps. British Columbia.
- Mbarka, S., Baroth, J., Ltifi, M., Hassis, H., & Darve, F. (2010). Reliability analyses of slope stability. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 14(10), 1227–1257.
- Oliva, A. (2015). Estabilidad de taludes y laderas. Análisis cuantitativo y cualitativo. Manuscrito no publicado. Disponible en:  
[http://www2.etcg.upc.edu/asg/Talussos/pdfs/lloret/T4\\_analisis\\_estabilidad.pdf](http://www2.etcg.upc.edu/asg/Talussos/pdfs/lloret/T4_analisis_estabilidad.pdf)
- Pineda-Contreras, A. R. y Auvinet-Guichard, G. (2013). Método del elemento finito estocástico en geotecnia. Enfoque espectral. *Ingeniería, Investigación Y Tecnología*, 14(1), 11–22.
- Sanhueza, C. y Rodríguez, L. (2013). Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 12(1), 17-29.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; Municipio de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja* [digital]. Ecuador. Disponible en:  
<http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo%20Loja.pdf>
- Rodríguez, L. (2007). Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Manuscrito no publicado. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>
- Suárez, J. (2001). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.



Torres, C. (2007). *Valoracion Del Riesgo En deslizamientos*. Universidad Ricardo Palma, Perú.

Walpole, R. E., Myres, R. H. y Myres, S. L. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros, 6a Ed.* México: Prentice hall hispanoamericana.

## **ANEXOS**

### A. Mapa de ubicación de las zonas de estudio 1 y 2.

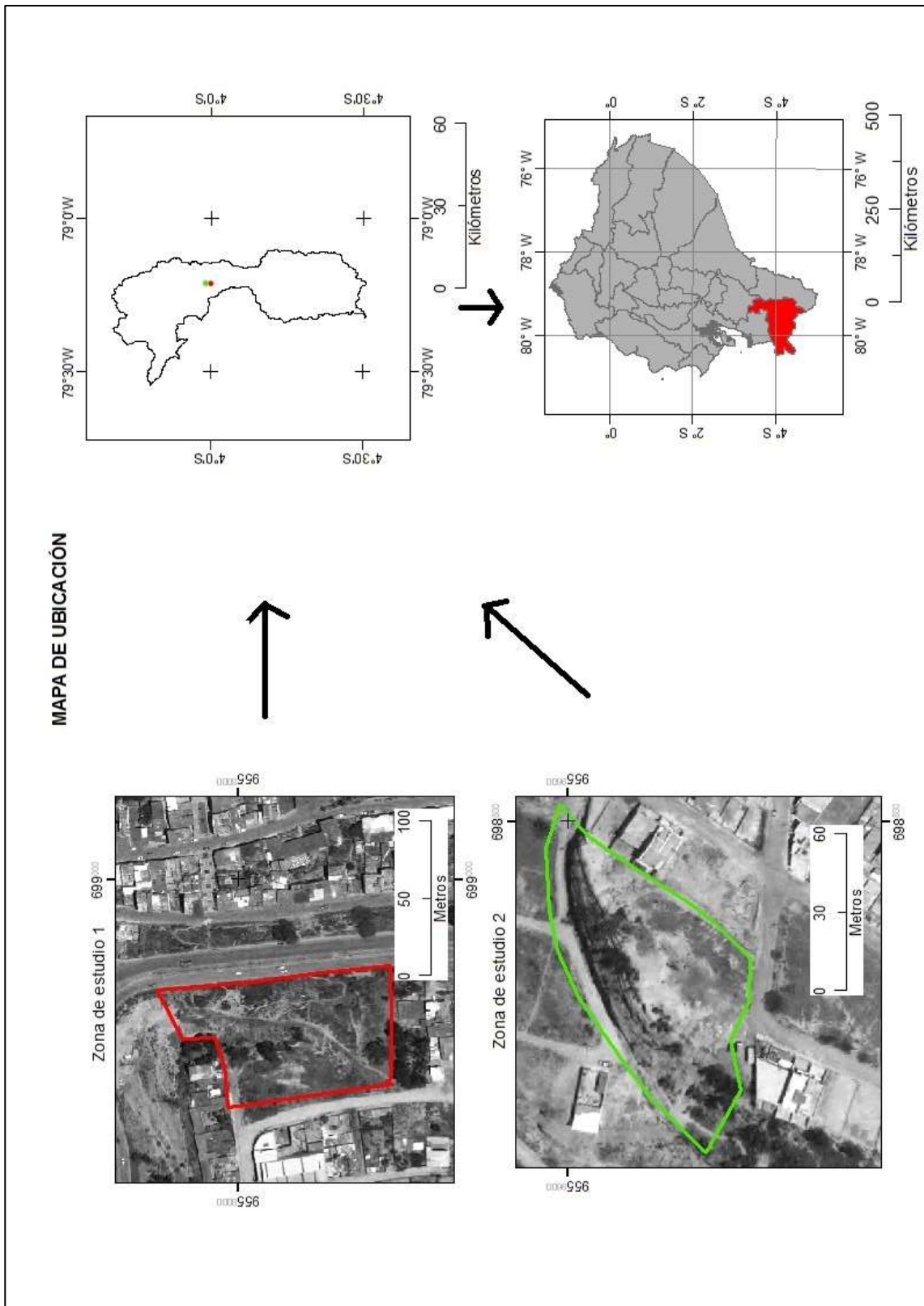


Figura 15: Mapa de ubicación de las zonas 1 y 2.

Fuente: Adaptado de SIGTIERRAS

Generado en: QGis

## B. Planos topográficos

### B.1. Topografía de la zona 1.

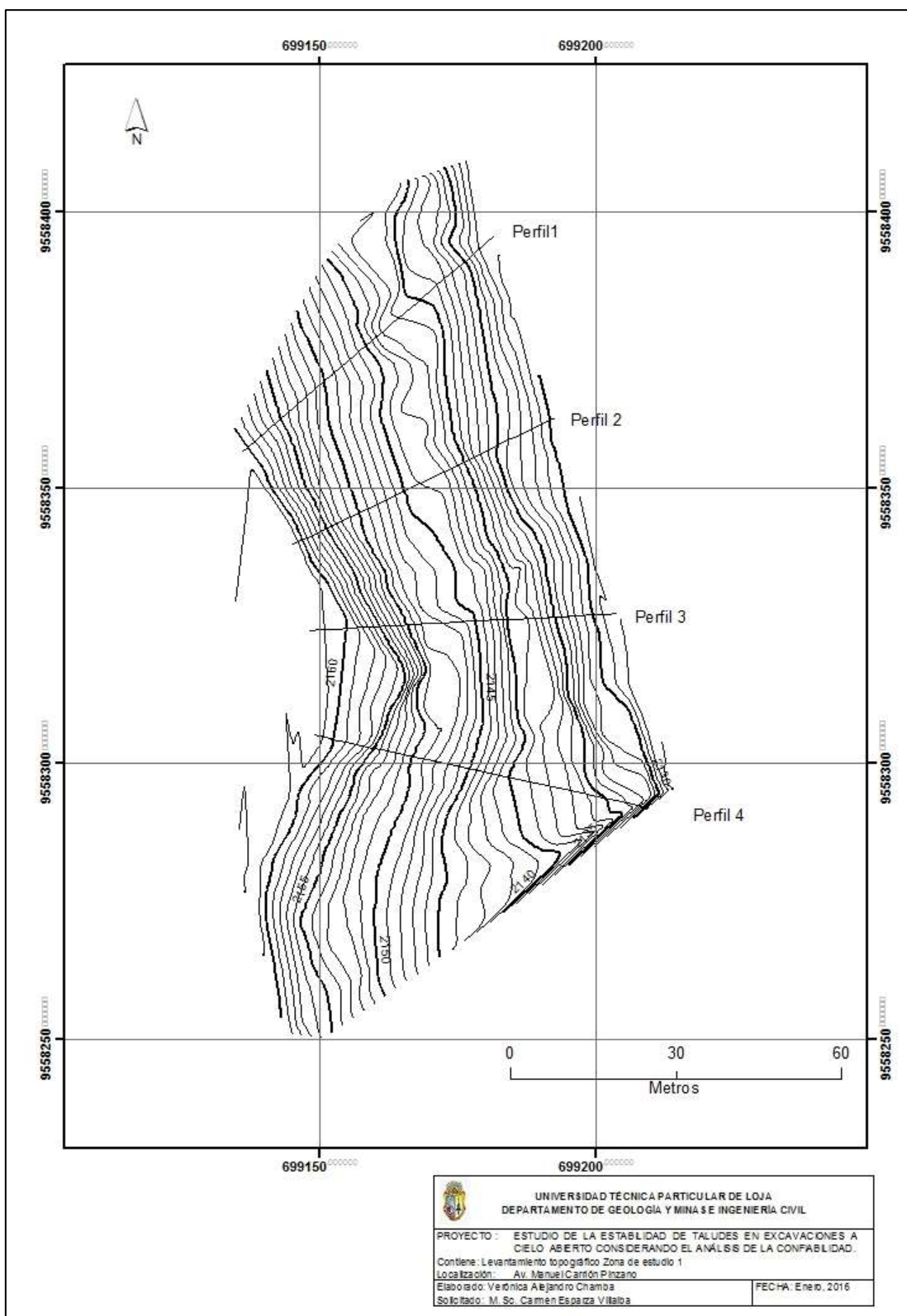


Figura 16: Plano topográfico de la zona de estudio 1.

Fuente: Elaboración propia.

## B.2. Topografía de la zona 2.

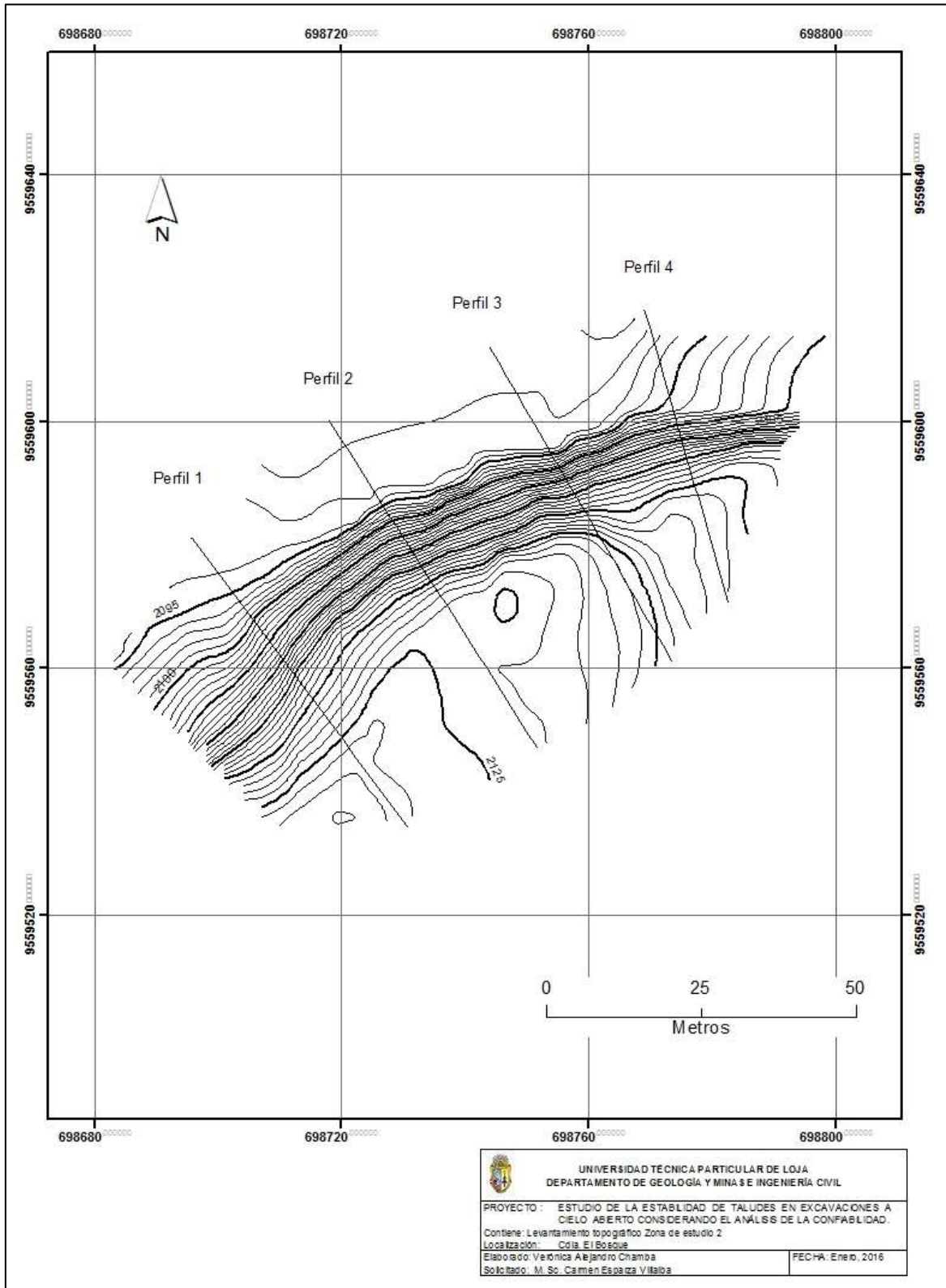


Figura 17: Plano topográfico de la zona de estudio 2.

Fuente: Elaboración propia.

## C. Resultados de ensayos de laboratorio

### C.1. Resultados ensayos clasificación del suelo.

Tabla 18: Ensayo de clasificación de suelos. Z1CP1


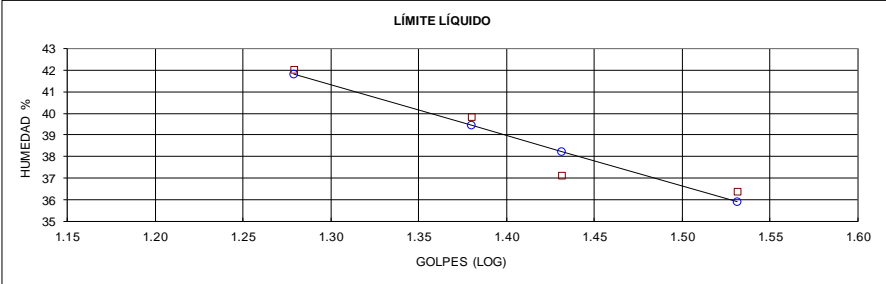
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIOS UTPL						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-12-2014						
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD						
<b>OBRA:</b>					<b>NORMA:</b> ASTM D 4318, AASHTO T-27	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano					<b>CALICATA:</b> 1	
<b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba					<b>MUESTRA:</b> 1	
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba					<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m	
<b>FECHA:</b> Abril-2016						
		GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %
1. CONTENIDO DE AGUA			484.72 463.97	459.03 440.94	62.26 62.87	6.47 6.09
2.- LÍM. LÍQUIDO		19 24 27 34	63.28 77.19 72.49 61.74	60.60 74.89 70.02 59.53	54.22 69.12 63.37 53.46	42.01 39.86 37.14 36.41
3.- LÍMITE PLÁSTICO			57.49 55.08	57.39 55.04	56.77 54.80	16.13 16.67
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 6098.48 (H/S)		S		GRAVA 62		
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 6098.48		6098.48		ARENA 36		
				FINOS 2		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 39.00		
2"	732.27	12	88	LP = 16.00		
1"	700.89	11	76	IP = 23.00		
3/4"	435.94	7	69			
1/2"	502.32	8	61			
3/8"	377.40	6	55			
No. 4	1028.59	17	38	CLASIFICACIÓN		
No. 10	647.58	11	27	SUCS : GP		
No. 40	765.98	13	15	AASHTO: A-2-6		
No. 200	773.53	13	2	IG(86): 0		
				IG(45): 0		
 <p style="text-align: center;"><b>LÍMITE LÍQUIDO</b></p>						
CLASIFICACIÓN SUCS: Grava pobremente gradada (GP)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.						
MsC. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				Verónica Alejandro Chamba PROFESIONAL EN FORMACIÓN		

Tabla 19: Ensayo de clasificación de suelos. Z1MLP2


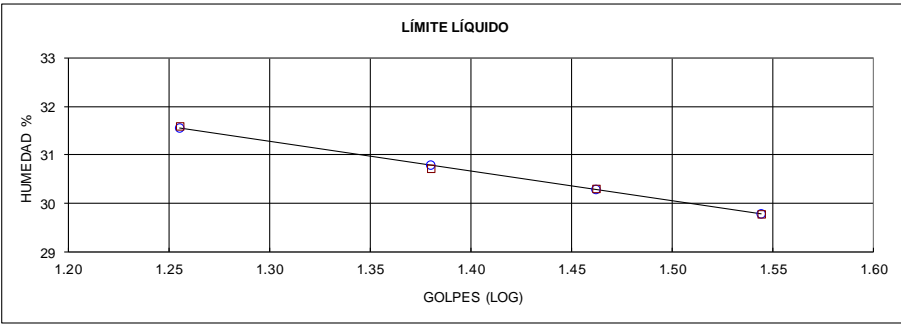
 <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b> LABORATORIOS UTPL						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-12-2014						
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD						
<b>OBRA:</b>			<b>NORMA:</b> ASTM D 4318, AASHTO T-27			
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano			<b>CALICATA:</b> 2			
<b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba			<b>MUESTRA:</b> 2			
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba			<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m			
<b>FECHA:</b> Abril-2016						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		461.14 476.30	435.20 449.02	56.55 59.49	6.85 7.00	6.93
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 24 29 35	71.03 65.52 78.63 71.08	67.77 62.53 75.34 68.53	57.45 52.80 64.49 59.97	31.59 30.73 30.32 29.79	30.68
3.- LÍMITE PLÁSTICO		78.13 59.68	77.92 59.52	76.84 58.67	19.44 18.82	19.13
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 3970.48 (H/S)		S		GRAVA 45		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		3970.48		ARENA 49		
				FINOS 5		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 31.00		
1"	218.13	5	95	LP = 19.00		
3/4"	135.14	3	91	IP = 12.00		
1/2"	245.03	6	85	CLASIFICACIÓN		
3/8"	273.40	7	78	SUCS : SP-SC		
No. 4	926.94	23	55	AASHTO: A-2-6		
No. 10	754.54	19	36	IG(86): 0		
No. 40	693.81	17	18	IG(45): 0		
No. 200	507.07	13	5			
						
CLASIFICACIÓN SUCS: Arena pobremente grada- arena arcillosa (SP-SC)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.						
MsC. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN			Verónica Alejandro Chamba PROFESIONAL EN FORMACIÓN			

Tabla 20: Ensayo de clasificación de suelos. Z1MLP3


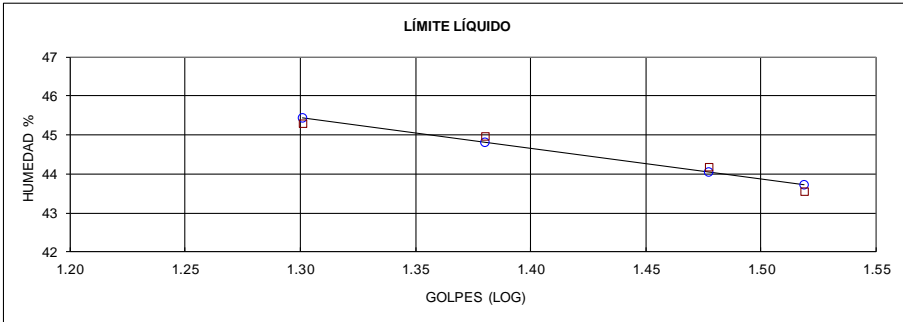
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIOS UTPL						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-12-2014						
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD						
<b>OBRA:</b>			<b>NORMA:</b> ASTM D 4318, AASHTO T-27			
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano			<b>CALICATA:</b> 3			
<b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba			<b>MUESTRA:</b> 3			
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba			<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m			
<b>FECHA:</b> Abril-2016						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		392.65 422.06	342.60 367.50	61.23 52.64	17.79 17.33	17.56
2.- LÍM. LÍQUIDO	20 24 30 33	60.46 62.35 61.24 65.09	58.63 60.56 59.57 63.16	54.59 56.58 55.79 58.73	45.30 44.97 44.18 43.57	44.67
3.- LÍMITE PLÁSTICO		61.79 61.88	61.71 61.80	61.22 61.28	16.33 15.38	15.86
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 417.32 (H/S)		S		GRAVA 0		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		417.32		ARENA 77		
				FINOS 23		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 45.00		
1"	0.00	0	100	LP = 16.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 29.00		
1/2"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : SC AASHTO: A-2-7 IG(86): 1 IG(45): 1		
3/8"	0.00	0	100			
No. 4	0.00	0	100			
No. 10	5.13	1	99			
No. 40	29.13	7	92			
No. 200	287.92	69	23			
						
CLASIFICACIÓN SUCS: Arena arcillosa (SC)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.						
MsC. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN			Verónica Alejandro Chamba PROFESIONAL EN FORMACIÓN			



Tabla 21: Ensayos de clasificación de suelos. Z1PP4


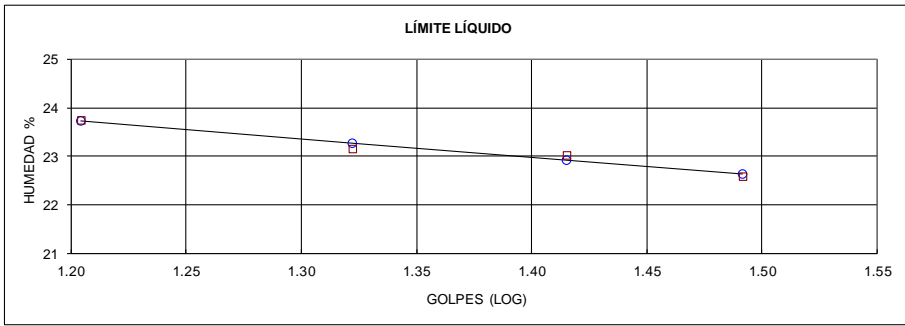
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIOS UTPL						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-12-2014						
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD						
<b>OBRA:</b>			<b>NORMA:</b> ASTM D 4318, AASHTO T-27			
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano			<b>CALICATA:</b> 4			
<b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba			<b>MUESTRA:</b> 4			
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba			<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m			
<b>FECHA:</b> Abril-2016						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		438.91 422.46	402.89 388.82	61.21 60.55	10.54 10.25	10.39
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 21 26 31	86.15 88.73 96.20 80.68	83.10 85.67 92.86 77.00	70.26 72.46 78.36 60.71	23.75 23.16 23.03 22.59	22.98
3.- LÍMITE PLÁSTICO		57.45 60.07	57.29 59.88	56.44 58.84	18.82 18.27	18.55
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 3126.24 (H/S)		S		GRAVA 39		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		3126.24		ARENA 42		
				FINOS 18		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 23.00		
1"	65.30	2	98	LP = 19.00		
3/4"	220.67	7	91	IP = 4.00		
1/2"	258.24	8	83	CLASIFICACIÓN		
3/8"	227.92	7	75	SUCS : SM-SC		
No. 4	458.79	15	61	AASHTO: A-1-b		
No. 10	442.42	14	46	IG(86): 0		
No. 40	409.45	13	33	IG(45): 0		
No. 200	470.29	15	18			
 <p style="text-align: center;"><b>LÍMITE LÍQUIDO</b></p>						
CLASIFICACIÓN SUCS: Arena limosa o arena arcillosa (SM-SC)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.						
MsC. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN			Verónica Alejandro Chamba PROFESIONAL EN FORMACIÓN			

Tabla 22: Ensayos de clasificación de suelos. Z2CP1


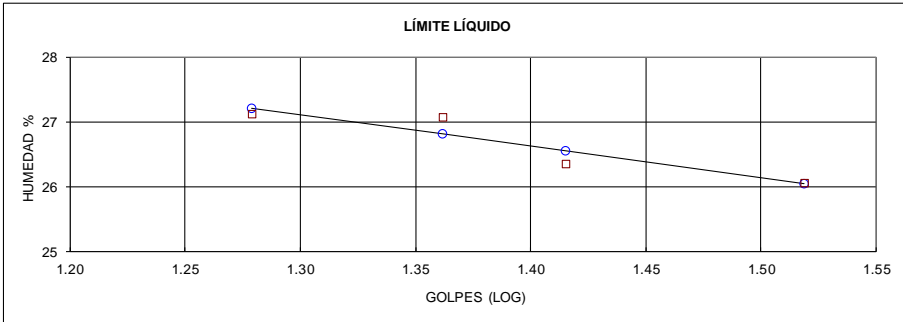

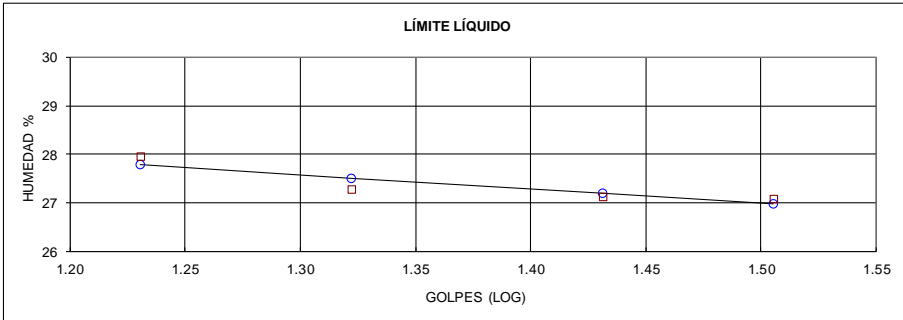
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIOS UTPL						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-12-2014						
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD						
<b>OBRA:</b>			<b>NORMA:</b> ASTM D 4318, AASHTO T-27			
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Cda. El Bosque			<b>CALICATA:</b> 1			
<b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba			<b>MUESTRA:</b> 1			
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba			<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m			
<b>FECHA:</b> Abril-2016						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		513.99 463.97	489.64 440.94	62.87 54.58	5.71 5.96	5.83
2.- LÍM. LÍQUIDO	19 23 26 33	68.53 43.49 65.33 64.72	66.97 41.99 63.93 63.20	61.22 36.45 58.62 57.37	27.13 27.08 26.37 26.07	26.64
3.- LÍMITE PLÁSTICO		71.12 58.50	71.06 58.45	70.74 58.18	18.75 18.52	18.63
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 679.07 (H/S)		S		GRAVA 0		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		679.07		ARENA 49		
				FINOS 51		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 27.00		
1"	0.00	0	100	LP = 19.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 8.00		
1/2"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS: CL AASHTO: A-4 IG(86): 3 IG(45): 3		
3/8"	0.00	0	100			
No. 4	0.25	0	100			
No. 10	6.99	1	99			
No. 40	38.99	6	93			
No. 200	287.92	42	51			
 <p style="text-align: center;"><b>LÍMITE LÍQUIDO</b></p>						
CLASIFICACIÓN SUCS: Arcilla inorgánica de plasticidad media (CL).						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.						
MsC. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN			Verónica Alejandro Chamba PROFESIONAL EN FORMACIÓN			

Tabla 23: Ensayo de clasificación de suelos. Z2PP2

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIOS UTPL						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-12-2014						
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD						
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Cdla. El Bosque			<b>NORMA:</b> ASTM D 4318, AASHTO T-27			
<b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba			<b>CALICATA:</b> 2			
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba			<b>MUESTRA:</b> 2			
<b>FECHA:</b> Abril-2016			<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m			
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		378.25 418.67	339.14 373.01	61.21 52.92	14.07 14.26	14.17
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 21 27 32	77.02 80.75 70.93 77.61	73.57 77.67 68.54 75.29	61.23 66.38 59.73 66.73	27.96 27.28 27.13 27.10	27.29
3.- LÍMITE PLÁSTICO		57.80 70.92	57.74 70.89	57.25 70.63	12.24 11.54	11.89
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 622.85		(H/S)	S	GRAVA		12
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			622.85	ARENA		43
				FINOS		46
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 27.00		
1"	0.00	0	100	LP = 12.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 15.00		
1/2"	11.87	2	98	CLASIFICACIÓN SUCS : SC AASHTO: A-6 IG(86): 4 IG(45): 4		
3/8"	27.09	4	94			
No. 4	33.19	5	88			
No. 10	38.09	6	82			
No. 40	41.99	7	76			
No. 200	185.88	30	46			
						
CLASIFICACIÓN SUCS: Arena arcillosa (SC)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.						
MsC. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN			Verónica Alejandro Chamba PROFESIONAL EN FORMACIÓN			

## C.2. Resultados ensayos de compresión simple.

Tabla 24: Ensayo de compresión simple. Z1MLP2


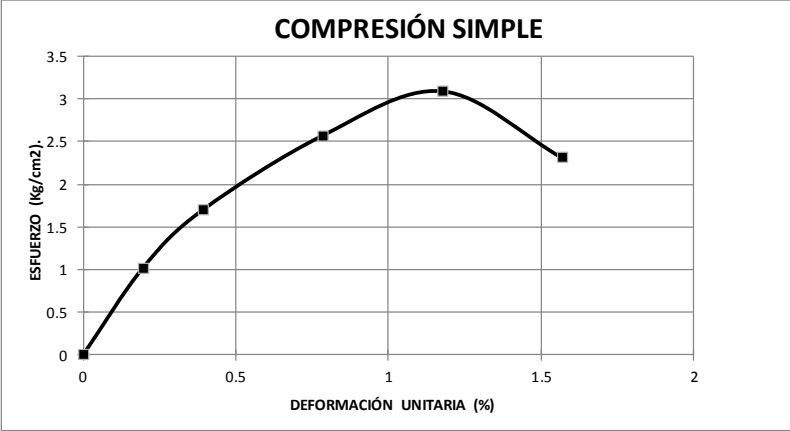

 <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>  DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE</p>																																																	
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD <b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano <b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba <b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba <b>FECHA:</b> Mayo-2016																																																	
<b>NORMA:</b> AASHTO T-208 <b>CALICATA:</b> 2 <b>MUESTRA:</b> 2 <b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m																																																	
<b>DATOS DE LA MUESTRA.</b>																																																	
<b>DIÁMETRO:</b> 3.33 <b>ÁREA :</b> 8.73 cm <sup>2</sup> . <b>ALTURA :</b> 6.48 cm. <b>VOLUMEN :</b> 56.55 cm <sup>3</sup> . <b>PESO :</b> 93.69 gr. <b>DENSIDAD:</b> 1.66 gr/cm <sup>3</sup>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD.</b> <b>Peso Hum.:</b> 199.63 gr. <b>Peso Sec.:</b> 193.8 gr. <b>Peso Cap.:</b> 58.27 gr. <b>W (%):</b> 4.30 %  <b>CONSTANTE DEL ANILLO</b> <b>K :</b> 0.8517 kg/cm <sup>2</sup> .																																																
<b>DATOS DE LA PRUEBA</b>																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Dial de Deform. .001"</th> <th>Dial Carga .001"</th> <th>Deform. Unit. (%)</th> <th>Carga (Kg.)</th> <th>Área Correg. (cm<sup>2</sup>.)</th> <th>Tensión Desviante (Kg/cm<sup>2</sup>.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>8.73</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>5</td><td>10.5</td><td>0.20</td><td>8.94</td><td>8.74</td><td>1.02</td></tr> <tr><td>10</td><td>17.5</td><td>0.39</td><td>14.90</td><td>8.76</td><td>1.70</td></tr> <tr><td>20</td><td>26.5</td><td>0.78</td><td>22.57</td><td>8.80</td><td>2.57</td></tr> <tr><td>30</td><td>32.0</td><td>1.18</td><td>27.25</td><td>8.83</td><td>3.09</td></tr> <tr><td>40</td><td>24.0</td><td>1.57</td><td>20.44</td><td>8.87</td><td>2.31</td></tr> <tr><td>50</td><td>24.0</td><td>1.96</td><td>20.44</td><td>8.90</td><td>2.30</td></tr> </tbody> </table>	Dial de Deform. .001"	Dial Carga .001"	Deform. Unit. (%)	Carga (Kg.)	Área Correg. (cm <sup>2</sup> .)	Tensión Desviante (Kg/cm <sup>2</sup> .)	0	0	0.00	0.00	8.73	0.00	5	10.5	0.20	8.94	8.74	1.02	10	17.5	0.39	14.90	8.76	1.70	20	26.5	0.78	22.57	8.80	2.57	30	32.0	1.18	27.25	8.83	3.09	40	24.0	1.57	20.44	8.87	2.31	50	24.0	1.96	20.44	8.90	2.30	
Dial de Deform. .001"	Dial Carga .001"	Deform. Unit. (%)	Carga (Kg.)	Área Correg. (cm <sup>2</sup> .)	Tensión Desviante (Kg/cm <sup>2</sup> .)																																												
0	0	0.00	0.00	8.73	0.00																																												
5	10.5	0.20	8.94	8.74	1.02																																												
10	17.5	0.39	14.90	8.76	1.70																																												
20	26.5	0.78	22.57	8.80	2.57																																												
30	32.0	1.18	27.25	8.83	3.09																																												
40	24.0	1.57	20.44	8.87	2.31																																												
50	24.0	1.96	20.44	8.90	2.30																																												
<b>RESULTADOS COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm<sup>2</sup>)=</b> 3.09																																																	
																																																	
<b>OBSERVACIONES:</b> La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.																																																	
M.Sc. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN																																																	
Verónica Alejandro Chamba PROFESIONAL EN FORMACIÓN																																																	

Tabla 25: Ensayo de compresión simple. Z2CP1

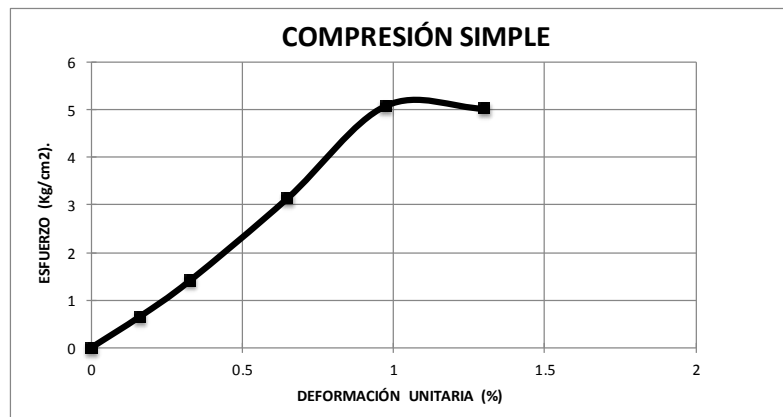
	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE
---	---

PROYECTO :	ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD	NORMA: AASHTO T-208
LOCALIZACIÓN:	Cdla. El Bosque	CALICATA: 1
SOLICITADO:	MSc. Carmen Esparza Villalba	MUESTRA: 1
REALIZADO:	Verónica Alejandro Chamba	PROFUNDIDAD: 1.5 m
FECHA:	Mayo-2016	

DATOS DE LA MUESTRA.	CONTENIDO DE HUMEDAD.
DIÁMETRO: 3.50	Peso Hum.: 159.80 gr.
ÁREA : 9.72 cm <sup>2</sup> .	Peso Sec.: 154.74 gr.
ALTURA : 7.82 cm.	Peso Cap.: 53.59 gr.
VOLUMEN : 75.97 cm <sup>3</sup> .	W (%): 5.00 %
PESO : 149.28 gr.	
DENSIDAD: 1.96 gr/cm <sup>3</sup>	
CONSTANTE DEL ANILLO	
K : 0.8517 kg/cm <sup>2</sup> .	

DATOS DE LA PRUEBA					
Dial de Deform. .001"	Dial Carga .001"	Deform. Unit. (%)	Carga (Kg.)	Área Correg. (cm <sup>2</sup> )	Tensión Desviante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	9.72	0.00
5	7.5	0.16	6.39	9.73	0.66
10	16	0.32	13.63	9.75	1.40
20	36.0	0.65	30.66	9.78	3.14
30	58.5	0.97	49.82	9.81	5.08
40	58.0	1.30	49.40	9.84	5.02

RESULTADOS COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm<sup>2</sup>)= 5.08




OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

MsC. Carmen Esparza Villalba <b>DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</b>	Verónica Alejandro Chamba <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>
---	--

### C.3. Resultados ensayos triaxial consolidado drenado.

Tabla 26: Ensayo triaxial CD. Z1CP1

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL</p>																																																																																				
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD																																																																																				
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano		<b>POZO:</b> 1																																																																																		
<b>SOLICITADO:</b> M. Sc. Carmen Esparza Villalba		<b>NORMA:</b> AASHTO T-296																																																																																		
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba		<b>CALCATA:</b> 1																																																																																		
<b>FECHA:</b> Junio -2016		<b>MUESTRA:</b> 1																																																																																		
		<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m																																																																																		
<b>HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS</b>																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">PROBETA No.</th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 15%;">1</th> <th style="width: 15%;">2</th> <th style="width: 15%;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5"><b>DIMENSIONES</b></td> </tr> <tr> <td>DIÁMETRO</td> <td>cm.</td> <td>3.33</td> <td>3.33</td> <td>3.33</td> </tr> <tr> <td>ALTURA</td> <td>cm.</td> <td>7.05</td> <td>7.10</td> <td>7.08</td> </tr> <tr> <td>ÁREA Corr</td> <td>cm<sup>2</sup>.</td> <td>8.71</td> <td>8.71</td> <td>8.72</td> </tr> <tr> <td>VOLUMEN</td> <td>cm<sup>3</sup>.</td> <td>61.40</td> <td>61.84</td> <td>61.72</td> </tr> <tr> <td>PESO</td> <td>gr.</td> <td>119.14</td> <td>116.98</td> <td>117.48</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>CONTENIDO DE AGUA</b></td> </tr> <tr> <td>Peso Hum. :</td> <td></td> <td>190.60</td> <td>223.14</td> <td>190.60</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco :</td> <td></td> <td>184.51</td> <td>215.92</td> <td>184.51</td> </tr> <tr> <td>Peso Cap. :</td> <td></td> <td>55.11</td> <td>68.45</td> <td>55.11</td> </tr> <tr> <td>w ( % ) :</td> <td></td> <td>4.71</td> <td>4.90</td> <td>4.71</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>DENSIDADES</b></td> </tr> <tr> <td>NATURAL</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> <td>1.94</td> <td>1.89</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>SECA</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> <td>1.85</td> <td>1.80</td> <td>1.82</td> </tr> <tr> <td>DE SOLID.</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					PROBETA No.		1	2	3	<b>DIMENSIONES</b>					DIÁMETRO	cm.	3.33	3.33	3.33	ALTURA	cm.	7.05	7.10	7.08	ÁREA Corr	cm <sup>2</sup> .	8.71	8.71	8.72	VOLUMEN	cm <sup>3</sup> .	61.40	61.84	61.72	PESO	gr.	119.14	116.98	117.48	<b>CONTENIDO DE AGUA</b>					Peso Hum. :		190.60	223.14	190.60	Peso Seco :		184.51	215.92	184.51	Peso Cap. :		55.11	68.45	55.11	w ( % ) :		4.71	4.90	4.71	<b>DENSIDADES</b>					NATURAL	gr/cm <sup>3</sup>	1.94	1.89	1.90	SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.85	1.80	1.82	DE SOLID.	gr/cm <sup>3</sup>			
PROBETA No.		1	2	3																																																																																
<b>DIMENSIONES</b>																																																																																				
DIÁMETRO	cm.	3.33	3.33	3.33																																																																																
ALTURA	cm.	7.05	7.10	7.08																																																																																
ÁREA Corr	cm <sup>2</sup> .	8.71	8.71	8.72																																																																																
VOLUMEN	cm <sup>3</sup> .	61.40	61.84	61.72																																																																																
PESO	gr.	119.14	116.98	117.48																																																																																
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>																																																																																				
Peso Hum. :		190.60	223.14	190.60																																																																																
Peso Seco :		184.51	215.92	184.51																																																																																
Peso Cap. :		55.11	68.45	55.11																																																																																
w ( % ) :		4.71	4.90	4.71																																																																																
<b>DENSIDADES</b>																																																																																				
NATURAL	gr/cm <sup>3</sup>	1.94	1.89	1.90																																																																																
SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.85	1.80	1.82																																																																																
DE SOLID.	gr/cm <sup>3</sup>																																																																																			
<b>OBSERVACIONES:</b> La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.																																																																																				
M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</b>		Verónica Alejandro Chamba <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>																																																																																		



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
NORMA: AASHTO T-296  
CALICATA: 1  
MUESTRA: 1  
PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01 <----- -- 1 -- ----->  
Constante anillo de prueba: 0.85  
Presión de Conf. (Kg/cm2): 0.50

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.72	4.10	3.49	0.40
10	0.36	8.74	7.60	6.46	0.74
20	0.72	8.77	11.10	9.44	1.08
30	1.08	8.80	14.90	12.67	1.44
40	1.44	8.84	17.50	14.88	1.68
50	1.80	8.87	19.00	16.15	1.82
60	2.16	8.90	19.90	16.92	1.90
70	2.52	8.93	20.30	17.26	1.93
80	2.88	8.97	20.60	17.51	1.95
90	3.24	9.00	20.80	17.68	1.96
100	3.60	9.03	20.80	17.68	1.96

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1.96  
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 2.46

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Verónica Alejandro Chamba  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 1  
 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.72	5.00	4.25	0.49
10	0.36	8.74	11.00	9.35	1.07
20	0.72	8.77	21.50	18.28	2.08
30	1.07	8.80	31.60	26.86	3.05
40	1.43	8.84	36.10	30.69	3.47
50	1.79	8.87	38.00	32.30	3.64
60	2.15	8.90	39.90	33.92	3.81
70	2.50	8.93	40.90	34.77	3.89
80	2.86	8.97	41.90	35.62	3.97
90	3.22	9.00	42.60	36.21	4.02
100	3.58	9.03	43.10	36.64	4.06
110	3.94	9.07	43.90	37.32	4.12
120	4.29	9.10	44. 90	38.17	4.19
130	4.65	9.13	45. 10	38.34	4.20
140	5.01	9.17	45. 50	38.68	4.22
150	5.37	9.20	45. 90	39.02	4.24
160	5.72	9.24	46. 10	39.19	4.24
170	6.08	9.27	46. 10	39.19	4.23

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 4.24  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 5.24

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano

SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba

REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba

FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 1  
 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->

Constante anillo de prueba: 0.85

Presión de Conf. (Kg/cm2): 2.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.72	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.73	7.50	6.38	0.73
10	0.36	8.75	14.50	12.33	1.41
20	0.72	8.78	27.80	23.63	2.69
30	1.08	8.81	38.10	32.39	3.67
40	1.44	8.84	45.40	38.59	4.36
50	1.79	8.88	51.60	43.86	4.94
60	2.15	8.91	55.70	47.35	5.31
70	2.51	8.94	59.10	50.24	5.62
80	2.87	8.98	62.40	53.04	5.91
90	3.23	9.01	65.00	55.25	6.13
100	3.59	9.04	66.90	56.87	6.29
110	3.95	9.08	69.00	58.65	6.46
120	4.31	9.11	70.80	60.18	6.61
130	4.66	9.14	72.00	61.20	6.69
140	5.02	9.18	73.10	62.14	6.77
150	5.38	9.21	74.30	63.16	6.85
160	5.74	9.25	75.10	63.84	6.90
170	6.10	9.28	76.00	64.60	6.96
180	6.46	9.32	77.00	65.45	7.02
190	6.82	9.36	77.90	66.22	7.08
200	7.18	9.39	78.20	66.47	7.08
210	7.53	9.43	79.00	67.15	7.12
220	7.89	9.46	79.90	67.92	7.18
230	8.25	9.50	80.10	68.09	7.17
240	8.61	9.54	80.10	68.09	7.14

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 7.18  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 9.18

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

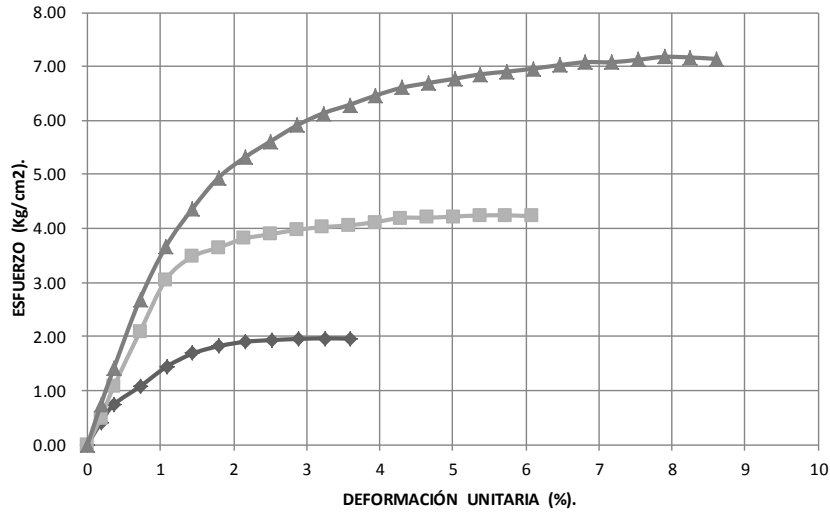
M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

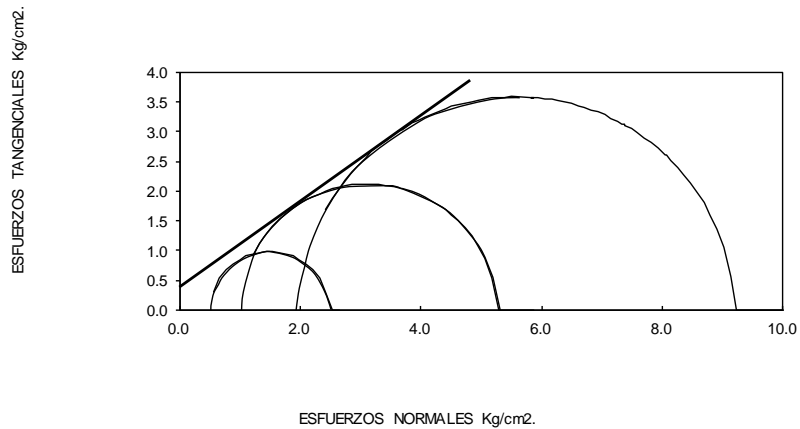


UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

**ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.**



**CIRCULO DE MOHR**




**COHESIÓN (C) = 0.10 Kg/cm<sup>2</sup>.**  
**ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ø) = 39°**

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

Tabla 27: Ensayo triaxial CD. Z1MLP2

 <p style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>  <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b>  <small>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</small>  <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL</b> </p>				
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD				
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano <b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba <b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba <b>FECHA:</b> Junio -2016			<b>POZO:</b> 1 <b>NORMA:</b> AASHTO T-296 <b>CALICATA:</b> 2 <b>MUESTRA:</b> 2 <b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m	
<b>HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS</b>				
<b>PROBETA No.</b>		4	3	1
<b>DIMENSIONES</b>				
DIÁMETRO	cm.	3.33	3.33	3.33
ALTURA	cm.	7.33	7.12	7.30
ÁREA Corr	cm <sup>2</sup> .	8.74	8.71	8.72
VOLUMEN	cm <sup>3</sup> .	64.09	62.01	63.64
PESO	gr.	123.78	122.95	123.28
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>				
Peso Hum. :		201.63	202.74	202.74
Peso Seco :		193.80	193.07	193.07
Peso Cap. :		58.27	54.44	54.44
w ( % ):		5.78	6.98	6.98
<b>DENSIDADES</b>				
NATURAL	gr/cm <sup>3</sup>	1.93	1.98	1.94
SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.83	1.85	1.81
DE SOLID.	gr/cm <sup>3</sup>			
<b>OBSERVACIONES:</b> La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.				
M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</b>		Verónica Alejandro Chamba <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>		



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
NORMA: AASHTO T-296  
CALICATA: 2  
MUESTRA: 2  
PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01 <----- -- 1 -- ----->  
Constante anillo de prueba: 0.85  
Presión de Conf. (Kg/cm<sup>2</sup>): 0.50

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm <sup>2</sup> )	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	8.74	0.00	0.00	0.00
5	0.17	8.76	4.10	3.49	0.40
10	0.35	8.77	9.50	8.08	0.92
20	0.69	8.81	16.80	14.28	1.62
30	1.04	8.84	23.50	19.98	2.26
40	1.39	8.87	28.50	24.23	2.73
50	1.73	8.90	31.50	26.78	3.01
60	2.08	8.93	32.80	27.88	3.12
70	2.43	8.96	33.20	28.22	3.15
80	2.77	8.99	33.20	28.22	3.14
90	3.12	9.03	33.20	28.22	3.13
100	3.47	9.06	32.10	27.29	3.01

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm<sup>2</sup>) = 3.15  
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm<sup>2</sup>) = 3.65

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Verónica Alejandro Chamba  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 2  
 MUESTRA: 2  
 PROFUNDIDAD 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.72	5.00	4.25	0.49
10	0.36	8.74	11.00	9.35	1.07
20	0.71	8.77	22.50	19.13	2.18
30	1.07	8.80	31.50	26.78	3.04
40	1.43	8.84	38.00	32.30	3.66
50	1.78	8.87	42.50	36.13	4.07
60	2.14	8.90	45.50	38.68	4.35
70	2.50	8.93	47.90	40.72	4.56
80	2.85	8.97	49.30	41.91	4.67
90	3.21	9.00	49.90	42.42	4.71
100	3.57	9.03	50.10	42.59	4.72
110	3.92	9.06	50.10	42.59	4.70

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 4.72  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 5.72

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano

SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba

REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba

FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 2  
 MUESTRA: 2  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->

Constante anillo de prueba: 0.85

Presión de Conf. (Kg/cm2): 2.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.72	0.00	0.00	0.00
5	0.17	8.73	11.90	10.12	1.16
10	0.35	8.75	18.00	15.30	1.75
20	0.70	8.78	24.90	21.17	2.41
30	1.04	8.81	28.80	24.48	2.78
40	1.39	8.84	31.80	27.03	3.06
50	1.74	8.87	34.90	29.67	3.34
60	2.09	8.90	37.00	31.45	3.53
70	2.44	8.94	38.50	32.73	3.66
80	2.78	8.97	40.10	34.09	3.80
90	3.13	9.00	41.50	35.28	3.92
100	3.48	9.03	43.20	36.72	4.07
110	3.83	9.06	45.90	39.02	4.30
120	4.18	9.10	47. 50	40.38	4.44
130	4.52	9.13	48. 90	41.57	4.55
140	4.87	9.16	49. 90	42.42	4.63
150	5.22	9.20	50. 50	42.93	4.67
160	5.57	9.23	51. 10	43.44	4.70
170	5.92	9.27	51. 80	44.03	4.75
180	6.26	9.30	52. 80	44.88	4.83
190	6.61	9.34	54. 10	45.99	4.93
200	6.96	9.37	54. 10	45.99	4.91

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 4.93  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 6.93

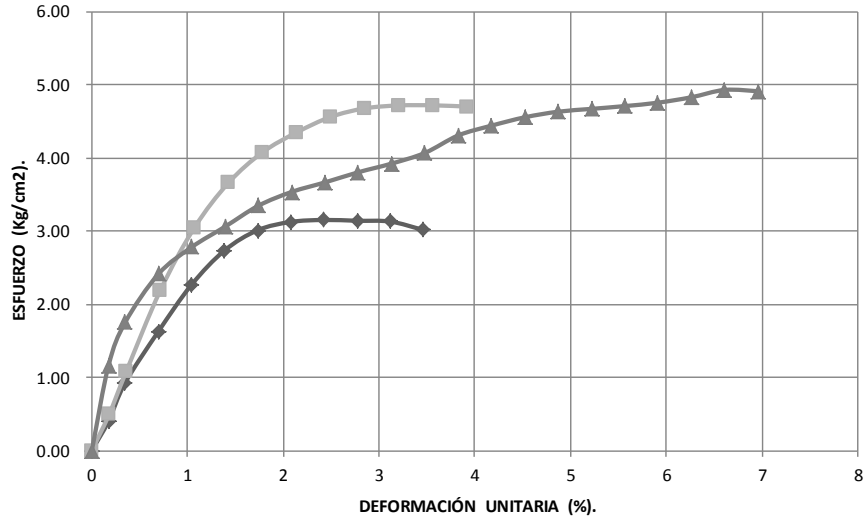
OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

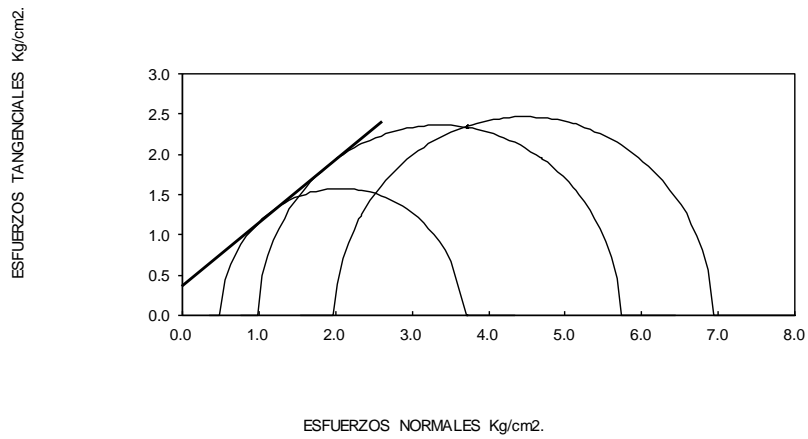
Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



### ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



### CIRCULO DE MOHR




**COHESIÓN (C) = 0.35 Kg/cm2 .**  
**ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (θ) = 39°**

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

Tabla 28: Ensayo triaxial CD. Z1MLP3

 <p style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>  <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b>  <small>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</small>  <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL</b> </p>				
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD				
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano <b>SOLICITADO:</b> M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba <b>FECHA:</b> Junio -2016			<b>POZO:</b> 1 <b>NORMA:</b> AASHTO T-296 <b>CALICATA:</b> 3 <b>MUESTRA:</b> 3 <b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m	
<b>HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS</b>				
<b>PROBETA No.</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>DIMENSIONES</b>				
DIÁMETRO	cm.	3.34	3.33	3.34
ALTURA	cm.	7.23	7.23	7.26
ÁREA Corr	cm <sup>2</sup> .	8.75	8.71	8.75
VOLUMEN	cm <sup>3</sup> .	63.28	62.97	63.55
PESO	gr.	111.66	112.20	113.49
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>				
Peso Hum. :		186.87	170.53	186.87
Peso Seco :		174.36	158.92	174.36
Peso Cap. :		76.83	70.25	76.83
w ( % ):		12.83	13.09	12.83
<b>DENSIDADES</b>				
NATURAL	gr/cm <sup>3</sup>	1.76	1.78	1.79
SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.56	1.58	1.58
DE SOLID.	gr/cm <sup>3</sup>			
<b>OBSERVACIONES:</b> La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.				
M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</b>		Verónica Alejandro Chamba <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>		





**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 3  
 MUESTRA: 3  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01 <----- -- 1 -- ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 0.50

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.75	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.77	5.60	4.76	0.54
10	0.35	8.78	9.90	8.42	0.96
20	0.70	8.81	15.90	13.52	1.53
30	1.05	8.85	20.50	17.43	1.97
40	1.41	8.88	23.00	19.55	2.20
50	1.76	8.91	24.90	21.17	2.38
60	2.11	8.94	26.20	22.27	2.49
70	2.46	8.97	27.00	22.95	2.56
80	2.81	9.01	27.20	23.12	2.57
90	3.16	9.04	27.50	23.38	2.59
100	3.51	9.07	27.90	23.72	2.61
110	3.86	9.10	27.90	23.72	2.60

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 2.61  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 3.11

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 3  
 MUESTRA: 3  
 PROFUNDIDAD 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.72	2.90	2.47	0.28
10	0.35	8.74	7.50	6.38	0.73
20	0.70	8.77	14.90	12.67	1.44
30	1.05	8.80	21.00	17.85	2.03
40	1.41	8.83	25.50	21.68	2.45
50	1.76	8.86	29.80	25.33	2.86
60	2.11	8.90	32.10	27.29	3.07
70	2.46	8.93	34.50	29.33	3.28
80	2.81	8.96	36.80	31.28	3.49
90	3.16	8.99	38.60	32.81	3.65
100	3.51	9.03	39.90	33.92	3.76
110	3.86	9.06	40.80	34.68	3.83
120	4.22	9.09	41. 50	35.28	3.88
130	4.57	9.13	41. 90	35.62	3.90
140	4.92	9.16	42. 00	35.70	3.90
150	5.27	9.19	42. 00	35.70	3.88
160	5.62	9.23	42. 20	35.87	3.89
170	5.97	9.26	42. 20	35.87	3.87

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 3.90  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 4.90

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 3  
 MUESTRA: 3  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 2.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviate (Kg/cm2)
0	0.00	8.75	0.00	0.00	0.00
5	0.17	8.77	5.30	4.51	0.51
10	0.35	8.78	9.50	8.08	0.92
20	0.70	8.81	15.80	13.43	1.52
30	1.05	8.85	20.50	17.43	1.97
40	1.40	8.88	24.90	21.17	2.38
50	1.75	8.91	28.80	24.48	2.75
60	2.10	8.94	31.00	26.35	2.95
70	2.45	8.97	34.30	29.16	3.25
80	2.80	9.00	37.00	31.45	3.49
90	3.15	9.04	39.10	33.24	3.68
100	3.50	9.07	40.60	34.51	3.80
110	3.85	9.10	42.50	36.13	3.97
120	4.20	9.14	44.90	38.17	4.18
130	4.55	9.17	46.70	39.70	4.33
140	4.90	9.20	48.50	41.23	4.48
150	5.25	9.24	50.00	42.50	4.60
160	5.60	9.27	51.20	43.52	4.69
170	5.95	9.31	52.30	44.46	4.78
180	6.30	9.34	54.00	45.90	4.91
190	6.65	9.38	55.20	46.92	5.00
200	7.00	9.41	56.20	47.77	5.08
210	7.35	9.45	57.30	48.71	5.16
220	7.70	9.48	58.20	49.47	5.22
230	8.05	9.52	59.00	50.15	5.27
240	8.40	9.56	59.60	50.66	5.30
250	8.75	9.59	60.10	51.09	5.33
260	9.10	9.63	60.90	51.77	5.38
270	9.45	9.67	61.10	51.94	5.37
280	9.80	9.70	61.50	52.28	5.39
290	10.15	9.74	62.00	52.70	5.41

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 5.33  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 7.33

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

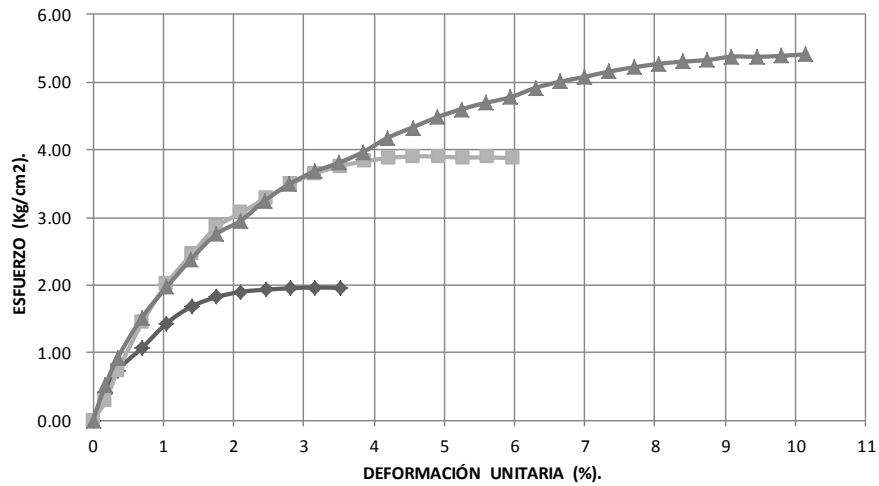
M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

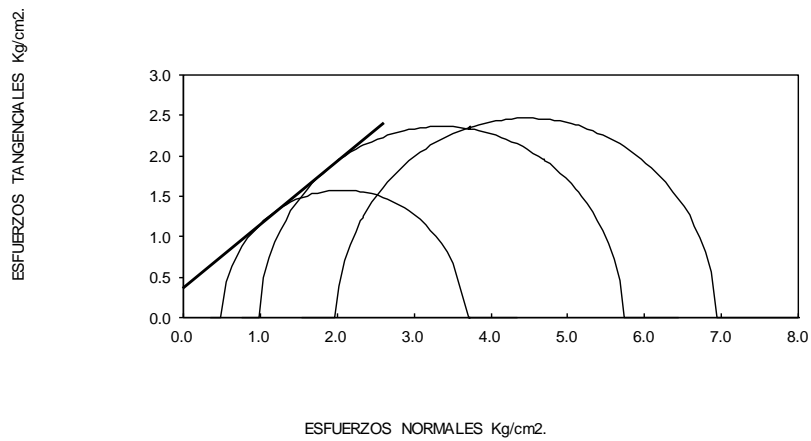


UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

**ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.**



**CIRCULO DE MOHR**




**COHESIÓN (C) = 0.30 Kg/cm<sup>2</sup>.**  
**ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ) = 35°**

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Verónica Alejandro Chamba  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN

Tabla 29: Ensayo triaxial CD. Z1PP4

 <p style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>  <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b>  <small>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</small>  <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL</b> </p>				
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD				
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Av. Manuel Carrión Pinzano <b>SOLICITADO:</b> M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba <b>FECHA:</b> Junio -2016			<b>POZO:</b> 1 <b>NORMA:</b> AASHTO T-296 <b>CALICATA:</b> 4 <b>MUESTRA:</b> 4 <b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m	
<b>HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS</b>				
<b>PROBETA No.</b>				
		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>DIMENSIONES</b>				
DIÁMETRO	cm.	3.33	3.33	3.34
ALTURA	cm.	7.27	7.30	7.23
ÁREA Corr	cm <sup>2</sup> .	8.71	8.71	8.75
VOLUMEN	cm <sup>3</sup> .	63.32	63.58	63.28
PESO	gr.	125.48	126.99	123.39
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>				
Peso Hum. :		284.54	279.61	279.61
Peso Seco :		265.26	259.34	259.34
Peso Cap. :		57.58	59.19	59.19
w ( % ):		9.28	10.13	10.13
<b>DENSIDADES</b>				
NATURAL	gr/cm <sup>3</sup>	1.98	2.00	1.95
SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.81	1.81	1.77
DE SOLID.	gr/cm <sup>3</sup>			
<b>OBSERVACIONES:</b> La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.				
M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</b>		Verónica Alejandro Chamba <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>		



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
NORMA: AASHTO T-296  
CALICATA: 4  
MUESTRA: 4  
PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01 <----- -- 1 -- ----->  
Constante anillo de prueba: 0.85  
Presión de Conf. (Kg/cm2): 0.50

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.17	8.72	3.30	2.81	0.32
10	0.35	8.74	6.30	5.36	0.61
20	0.70	8.77	9.50	8.08	0.92
30	1.05	8.80	12.00	10.20	1.16
40	1.40	8.83	14.10	11.99	1.36
50	1.75	8.86	15.70	13.35	1.51
60	2.10	8.90	16.50	14.03	1.58
70	2.45	8.93	17.10	14.54	1.63
80	2.80	8.96	17.50	14.88	1.66
90	3.14	8.99	18.00	15.30	1.70
100	3.49	9.02	18.00	15.30	1.70

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1.70  
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 2.20

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Verónica Alejandro Chamba  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 1  
 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.17	8.72	5.90	5.02	0.57
10	0.35	8.74	9.10	7.74	0.89
20	0.70	8.77	16.10	13.69	1.56
30	1.04	8.80	20.10	17.09	1.94
40	1.39	8.83	25.60	21.76	2.46
50	1.74	8.86	26.00	22.10	2.49
60	2.09	8.89	27.10	23.04	2.59
70	2.44	8.93	28.60	24.31	2.72
80	2.78	8.96	29.70	25.25	2.82
90	3.13	8.99	30.90	26.27	2.92
100	3.48	9.02	31.90	27.12	3.01
110	3.83	9.06	33.50	28.48	3.14
120	4.18	9.09	33.80	28.73	3.16
130	4.52	9.12	34.00	28.90	3.17
140	4.87	9.16	34.70	29.50	3.22
150	5.22	9.19	35.00	29.75	3.24
160	5.57	9.22	35.50	30.18	3.27
170	5.92	9.26	35.90	30.52	3.30
180	6.26	9.29	36.10	30.69	3.30
190	6.61	9.33	36.10	30.69	3.29

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 3.30  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 4.30

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 1  
 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 2.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.75	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.77	4.50	3.83	0.44
10	0.35	8.78	7.50	6.38	0.73
20	0.70	8.81	13.00	11.05	1.25
30	1.05	8.85	17.50	14.88	1.68
40	1.41	8.88	21.50	18.28	2.06
50	1.76	8.91	25.00	21.25	2.39
60	2.11	8.94	27.80	23.63	2.64
70	2.46	8.97	30.10	25.59	2.85
80	2.81	9.01	32.60	27.71	3.08
90	3.16	9.04	34.90	29.67	3.28
100	3.51	9.07	36.70	31.20	3.44
110	3.86	9.10	38.10	32.39	3.56
120	4.22	9.14	40.00	34.00	3.72
130	4.57	9.17	41.60	35.36	3.86
140	4.92	9.21	43.50	36.98	4.02
150	5.27	9.24	44.90	38.17	4.13
160	5.62	9.27	46.00	39.10	4.22
170	5.97	9.31	47.20	40.12	4.31
180	6.32	9.34	48.50	41.23	4.41
190	6.67	9.38	49.50	42.08	4.49
200	7.03	9.41	50.90	43.27	4.60
210	7.38	9.45	52.10	44.29	4.69
220	7.73	9.49	53.20	45.22	4.77
230	8.08	9.52	54.20	46.07	4.84
240	8.43	9.56	55.20	46.92	4.91
250	8.78	9.60	56.00	47.60	4.96
260	9.13	9.63	56.90	48.37	5.02
270	9.49	9.67	57.50	48.88	5.05
280	9.84	9.71	57.50	48.88	5.03

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 5.05  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 7.05

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

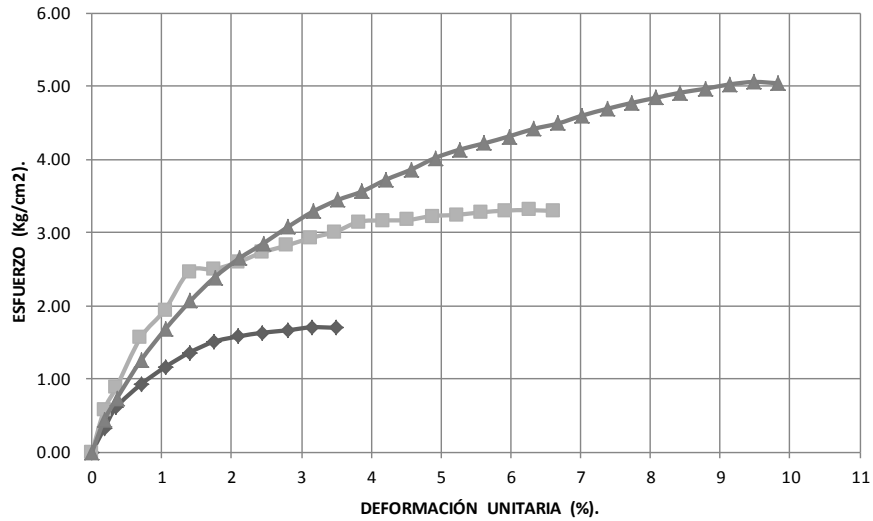
Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



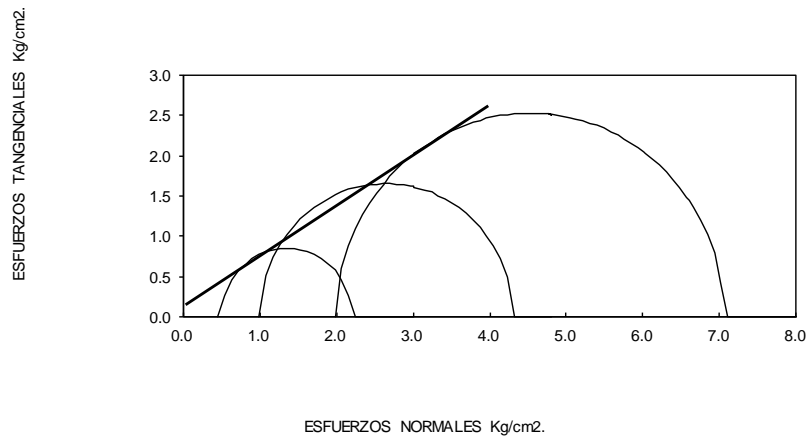


UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

### ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



### CIRCULO DE MOHR




**COHESIÓN (C) = 0.15 Kg/cm<sup>2</sup>.**  
**ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (θ) = 31°**

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Verónica Alejandro Chamba  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN

Tabla 30: Ensayo triaxial CD. Z2CP1

 <p style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>  <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b>  <small>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</small>  <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL</b> </p>				
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD				
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Cda. El Bosque			<b>POZO:</b> 1	
<b>SOLICITADO:</b> M. Sc. Carmen Esparza Villalba			<b>NORMA:</b> AASHTO T-296	
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba			<b>CALICATA:</b> 1	
<b>FECHA:</b> Junio -2016			<b>MUESTRA:</b> 1	
			<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m	
<b>HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS</b>				
<b>PROBETA No.</b>				
		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>DIMENSIONES</b>				
DIÁMETRO	cm.	3.53	3.57	3.50
ALTURA	cm.	7.85	8.06	7.82
ÁREA Corr	cm <sup>2</sup> .	9.83	9.92	9.72
VOLUMEN	cm <sup>3</sup> .	77.19	79.93	75.97
PESO	gr.	162.03	161.16	149.29
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>				
Peso Hum. :		159.80	151.74	159.80
Peso Seco :		154.74	146.91	154.74
Peso Cap. :		53.59	53.13	53.59
w ( % ):		5.00	5.15	5.00
<b>DENSIDADES</b>				
NATURAL	gr/cm <sup>3</sup>	2.10	2.02	1.97
SECA	gr/cm <sup>3</sup>	2.00	1.92	1.87
DE SOLID.	gr/cm <sup>3</sup>			
<b>OBSERVACIONES:</b> La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.				
M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</b>		Verónica Alejandro Chamba <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>		



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN:	Av. Manuel Carrión Pinzano	POZO:	1
SOLICITADO:	M. Sc. Carmen Esparza Villalba	NORMA:	AASHTO T-296
REALIZADO:	Verónica Alejandro Chamba	CALICATA:	1
FECHA:	Junio -2016	MUESTRA:	1
		PROFUNDIDAD:	1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01 <----- --- 1 --- ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 0.50

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.72	4.10	3.49	0.40
10	0.36	8.74	7.60	6.46	0.74
20	0.72	8.77	11.10	9.44	1.08
30	1.08	8.80	14.90	12.67	1.44
40	1.44	8.84	17.50	14.88	1.68
50	1.80	8.87	19.00	16.15	1.82
60	2.16	8.90	19.90	16.92	1.90
70	2.52	8.93	20.30	17.26	1.93
80	2.88	8.97	20.60	17.51	1.95
90	3.24	9.00	20.80	17.68	1.96
100	3.60	9.03	20.80	17.68	1.96

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1.96  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 2.46

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 1  
 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.72	5.00	4.25	0.49
10	0.36	8.74	11.00	9.35	1.07
20	0.72	8.77	21.50	18.28	2.08
30	1.07	8.80	31.60	26.86	3.05
40	1.43	8.84	36.10	30.69	3.47
50	1.79	8.87	38.00	32.30	3.64
60	2.15	8.90	39.90	33.92	3.81
70	2.50	8.93	40.90	34.77	3.89
80	2.86	8.97	41.90	35.62	3.97
90	3.22	9.00	42.60	36.21	4.02
100	3.58	9.03	43.10	36.64	4.06
110	3.94	9.07	43.90	37.32	4.12
120	4.29	9.10	44. 90	38.17	4.19
130	4.65	9.13	45. 10	38.34	4.20
140	5.01	9.17	45. 50	38.68	4.22
150	5.37	9.20	45. 90	39.02	4.24
160	5.72	9.24	46. 10	39.19	4.24
170	6.08	9.27	46. 10	39.19	4.23

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 4.24  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 5.24

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano

SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba

REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba

FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 1  
 MUESTRA: 1  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->

Constante anillo de prueba: 0.85

Presión de Conf. (Kg/cm2): 2.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.72	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.73	7.50	6.38	0.73
10	0.36	8.75	14.50	12.33	1.41
20	0.72	8.78	27.80	23.63	2.69
30	1.08	8.81	38.10	32.39	3.67
40	1.44	8.84	45.40	38.59	4.36
50	1.79	8.88	51.60	43.86	4.94
60	2.15	8.91	55.70	47.35	5.31
70	2.51	8.94	59.10	50.24	5.62
80	2.87	8.98	62.40	53.04	5.91
90	3.23	9.01	65.00	55.25	6.13
100	3.59	9.04	66.90	56.87	6.29
110	3.95	9.08	69.00	58.65	6.46
120	4.31	9.11	70.80	60.18	6.61
130	4.66	9.14	72.00	61.20	6.69
140	5.02	9.18	73.10	62.14	6.77
150	5.38	9.21	74.30	63.16	6.85
160	5.74	9.25	75.10	63.84	6.90
170	6.10	9.28	76.00	64.60	6.96
180	6.46	9.32	77.00	65.45	7.02
190	6.82	9.36	77.90	66.22	7.08
200	7.18	9.39	78.20	66.47	7.08
210	7.53	9.43	79.00	67.15	7.12
220	7.89	9.46	79.90	67.92	7.18
230	8.25	9.50	80.10	68.09	7.17
240	8.61	9.54	80.10	68.09	7.14

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 7.18  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 9.18

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

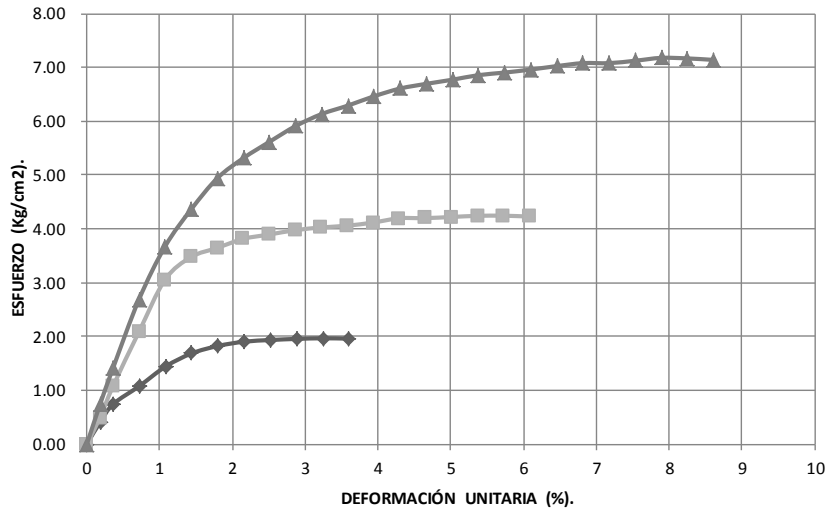
M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

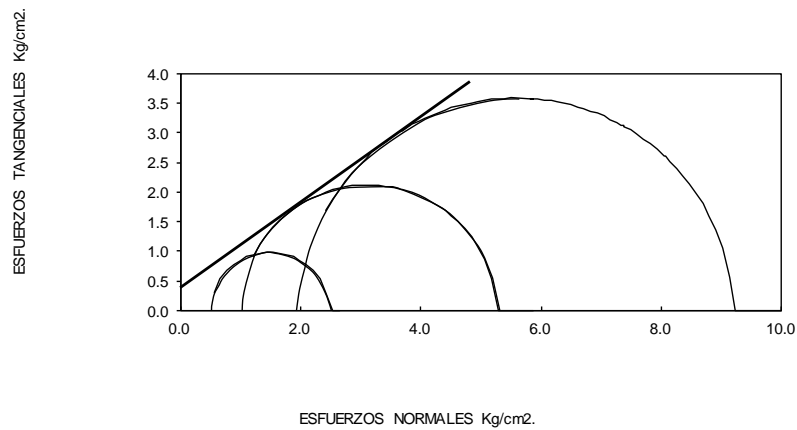


UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

**ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.**



**CIRCULO DE MOHR**




**COHESIÓN (C) = 0.10 Kg/cm<sup>2</sup>.**  
**ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ) = 39°**

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Verónica Alejandro Chamba  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN

Tabla 31: Ensayo triaxial. Z2PP2

 <p style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b>  <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b>                      LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS                      ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL                 </p>				
<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD				
<b>LOCALIZACIÓN:</b> M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villalba <b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba <b>FECHA:</b> Junio -2016			<b>POZO:</b> 1 <b>NORMA:</b> AASHTO T-296 <b>CALICATA:</b> 2 <b>MUESTRA:</b> 2 <b>PROFUNDIDAD:</b> 1.5 m	
<b>HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS</b>				
<b>PROBETA No.</b>				
		4	3	1
<b>DIMENSIONES</b>				
DIÁMETRO	cm.	3.33	3.33	3.33
ALTURA	cm.	7.33	7.12	7.30
ÁREA Corr	cm <sup>2</sup> .	8.74	8.71	8.72
VOLUMEN	cm <sup>3</sup> .	64.09	62.01	63.64
PESO	gr.	123.78	122.95	123.28
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>				
Peso Hum. :		201.63	202.74	202.74
Peso Seco :		193.80	193.07	193.07
Peso Cap. :		58.27	54.44	54.44
w ( % ) :		5.78	6.98	6.98
<b>DENSIDADES</b>				
NATURAL	gr/cm <sup>3</sup>	1.93	1.98	1.94
SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.83	1.85	1.81
DE SOLID.	gr/cm <sup>3</sup>			
<b>OBSERVACIONES:</b> La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.				
M. Sc. Carmen Esparza Villalba <b>DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</b>		Verónica Alejandro Chamba <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>		



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 2  
 MUESTRA: 2  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01 <----- -- 1 -- ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 0.50

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.74	0.00	0.00	0.00
5	0.17	8.76	4.10	3.49	0.40
10	0.35	8.77	9.50	8.08	0.92
20	0.69	8.81	16.80	14.28	1.62
30	1.04	8.84	23.50	19.98	2.26
40	1.39	8.87	28.50	24.23	2.73
50	1.73	8.90	31.50	26.78	3.01
60	2.08	8.93	32.80	27.88	3.12
70	2.43	8.96	33.20	28.22	3.15
80	2.77	8.99	33.20	28.22	3.14
90	3.12	9.03	33.20	28.22	3.13
100	3.47	9.06	32.10	27.29	3.01

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 3.15  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 3.65

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano  
 SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
 REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba  
 FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 2  
 MUESTRA: 2  
 PROFUNDIDAD 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->  
 Constante anillo de prueba: 0.85  
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.71	0.00	0.00	0.00
5	0.18	8.72	5.00	4.25	0.49
10	0.36	8.74	11.00	9.35	1.07
20	0.71	8.77	22.50	19.13	2.18
30	1.07	8.80	31.50	26.78	3.04
40	1.43	8.84	38.00	32.30	3.66
50	1.78	8.87	42.50	36.13	4.07
60	2.14	8.90	45.50	38.68	4.35
70	2.50	8.93	47.90	40.72	4.56
80	2.85	8.97	49.30	41.91	4.67
90	3.21	9.00	49.90	42.42	4.71
100	3.57	9.03	50.10	42.59	4.72
110	3.92	9.06	50.10	42.59	4.70

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 4.72  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 5.72

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano

SOLICITADO: M. Sc. Carmen Esparza Villalba

REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba

FECHA: Junio -2016

POZO: 1  
 NORMA: AASHTO T-296  
 CALICATA: 2  
 MUESTRA: 2  
 PROFUNDIDAD: 1.5 m

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->

Constante anillo de prueba: 0.85

Presión de Conf. (Kg/cm2): 2.00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrg. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0.00	8.72	0.00	0.00	0.00
5	0.17	8.73	11.90	10.12	1.16
10	0.35	8.75	18.00	15.30	1.75
20	0.70	8.78	24.90	21.17	2.41
30	1.04	8.81	28.80	24.48	2.78
40	1.39	8.84	31.80	27.03	3.06
50	1.74	8.87	34.90	29.67	3.34
60	2.09	8.90	37.00	31.45	3.53
70	2.44	8.94	38.50	32.73	3.66
80	2.78	8.97	40.10	34.09	3.80
90	3.13	9.00	41.50	35.28	3.92
100	3.48	9.03	43.20	36.72	4.07
110	3.83	9.06	45.90	39.02	4.30
120	4.18	9.10	47. 50	40.38	4.44
130	4.52	9.13	48. 90	41.57	4.55
140	4.87	9.16	49. 90	42.42	4.63
150	5.22	9.20	50. 50	42.93	4.67
160	5.57	9.23	51. 10	43.44	4.70
170	5.92	9.27	51. 80	44.03	4.75
180	6.26	9.30	52. 80	44.88	4.83
190	6.61	9.34	54. 10	45.99	4.93
200	6.96	9.37	54. 10	45.99	4.91

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 4.93  
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 6.93

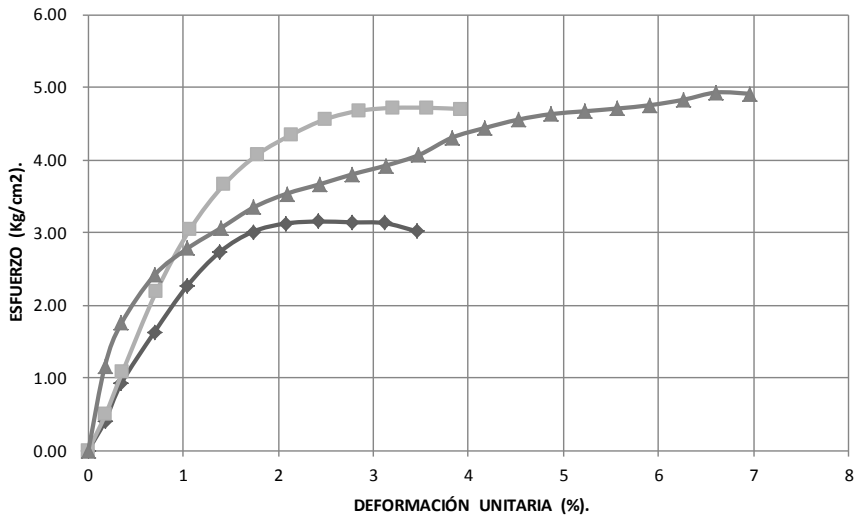
OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la testista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**

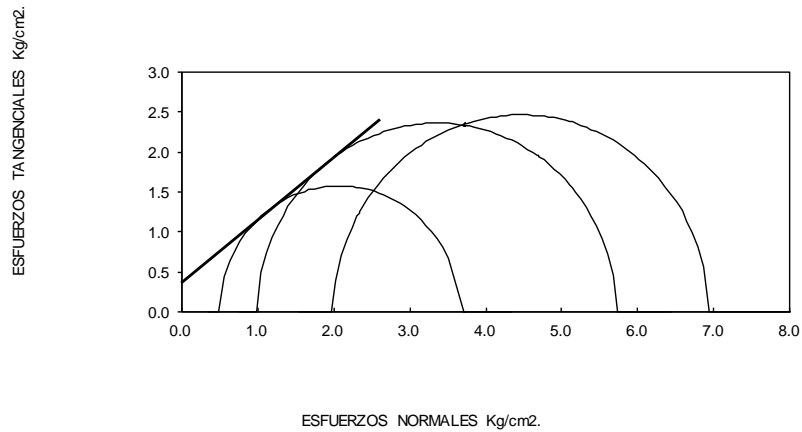
Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



### ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



### CIRCULO DE MOHR



**COHESIÓN (C) = 0.35 Kg/cm<sup>2</sup>.**  
**ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ø) = 39°**


OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la tesista Verónica Alejandro y llevada al laboratorio de la UTPL.

M. Sc. Carmen Esparza Villalba  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Verónica Alejandro Chamba  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN

### C.4. Ensayo de permeabilidad.

Tabla 32: Ensayo de permeabilidad. Z1PPP4

	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE
---	---

PROYECTO : ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD	
LOCALIZACIÓN: Av. Manuel Carrión Pinzano SOLICITADO: MsC. Carmen Esparza Villaba REALIZADO: Verónica Alejandro Chamba FECHA: Julio-2016	NORMA: AASHTO T-215 CALICATA: 4 MUESTRA: 4 PROFUNDID: 1.5 m

DATOS DE LA MUESTRA.			
Dimensiones de la muestra:	Diám.	10.10 cm	Área: 80.12 cm <sup>2</sup>
	Altura	11.66 cm	Volumen 934.18 cm <sup>3</sup> .
Peso inicial del suelo+bandeja		3499.55 gr	
Peso de la muestra		1608.34 gr	
Peso unitario		1.72 kN/m <sup>3</sup>	
Cabeza constante			

DATOS DE ENSAYO							
Ensayo No.	h1	h2	t, s	Q <sub>in</sub> , cm <sup>3</sup>	Q <sub>out</sub> , cm <sup>3</sup>	T, °C	a
1	160.80	145.10	322	6.8	21	17	1.12
2	160.80	145.10	954	7	23	17	1.12
3	160.80	145.10	301	8	23	17.1	1.12
						Promedio K	4.17E-05

Tipo de suelo según la permeabilidad hidráulica: arena fina, arena limosa


CLASIFICACIÓN SUCS: Arena limosa o arena arcillosa (SM-SC)

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la egresada Verónica Alejandro y llevado al laboratorio de la UTPL.

MsC. Carmen Esparza Villaba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITLACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

Tabla 33: Ensayo de permeabilidad. Z2CP1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE
---	---

<b>PROYECTO :</b> ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO CONSIDERANDO EL ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Cdla. El Bosque	<b>NORMA:</b> AASHTO T-215
<b>SOLICITADO:</b> MsC. Carmen Esparza Villaba	<b>CALICATA:</b> 1
<b>REALIZADO:</b> Verónica Alejandro Chamba	<b>MUESTRA:</b> 1
<b>FECHA:</b> Julio-2016	<b>PROFUNDID:</b> 1.5 m

<b>DATOS DE LA MUESTRA.</b>			
Dimensiones de la muestra:	Diám.	10.10 cm	Área: 80.12 cm <sup>2</sup>
	Altura	11.66 cm	Volumen 934.18 cm <sup>3</sup> .
Peso inicial del suelo+bandeja		3637.23 gr	
Peso de la muestra		1746.02 gr	
Peso unitario		1.87 kN/m <sup>3</sup>	
Cabeza variable			

<b>DATOS DE ENSAYO</b>							
Ensayo No.	h1	h2	t, s	Q <sub>in</sub> , cm <sup>3</sup>	Q <sub>out</sub> , cm <sup>3</sup>	T, °C	a
1	160.8	145.1	3193	17	35	18.3	1.1200
2	160.8	145.1	3636	11.5	26.5	18	1.1200
3	160.8	145.1	3849	8	23	17.70	1.1200
						K	4.7337E-06

Tipo de suelo según la permeabilidad hidráulica: arcilla limosa

CLASIFICACIÓN SUCS: Arcilla inorgánica de plasticidad media (CL).

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la egresada Verónica Alejandro y llevado al laboratorio de la UTPL.

MsC. Carmen Esparza Villaba  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITLACIÓN**

Verónica Alejandro Chamba  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

#### D. Resultados método de primer orden segundo momento

Tabla 34: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 1 sin considerar NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu - \Delta xi$ )	FS( $\mu + \Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS / \Delta xi$	$(\Delta FS / \Delta xi)^2 * \sigma^2(xi)$	% de influencia	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.78	0.70	1.678	1.826	1.767	-0.059	-0.03516	8.70E-04	12.83	
$c$ (kPa)	34.32	188.46	27.456	1.714	1.864	0.15	0.00546	0.00563	82.91	
$\phi^\circ$	39	9.73	6.240	1.784	1.818	0.034	0.00545	0.00029	4.26	
Fuente: Elaboración propia.								$\sigma^2$ (FS)	0.007	100.00
								$\sigma$ (FS)	0.082	
								CV(%)	4.601	

Tabla 35: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 1 sin considerar NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu - \Delta xi$ )	FS( $\mu + \Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS / \Delta xi$	$(\Delta FS / \Delta xi)^2 * \sigma^2(xi)$	% de influencia	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.78	0.70	1.678	1.827	1.768	-0.059	-0.03516	8.70E-04	12.69	
$c$ (kPa)	34.32	188.46	27.456	1.718	1.863	0.145	0.00528	0.00526	76.67	
$\phi^\circ$	39	9.73	6.240	1.785	1.839	0.054	0.00865	0.00073	10.63	
Fuente: Elaboración propia.								$\sigma^2$ (FS)	0.007	100.00
								$\sigma$ (FS)	0.083	
								CV(%)	4.623	

Tabla 36: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 2 sin considerar NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu - \Delta xi$ )	FS( $\mu + \Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS / \Delta xi$	$(\Delta FS / \Delta xi)^2 * \sigma^2(xi)$	% de influencia	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.07	0.91	1.907	1.700	1.679	-0.021	-0.01101	1.10E-04	0.67	
<b>c</b> (kPa)	65.7	172.66	26.280	1.591	1.789	0.198	0.00753	0.00980	59.79	
$\phi^\circ$	27	4.67	4.320	1.619	1.78	0.161	0.03727	0.00648	39.53	
Fuente: Elaboración propia.								$\sigma^2$ (FS)	0.016	100.00
								$\sigma$ (FS)	0.128	
								CV(%)	7.580	

Tabla 37: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 2 sin considerar NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu - \Delta xi$ )	FS( $\mu + \Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS / \Delta xi$	$(\Delta FS / \Delta xi)^2 * \sigma^2(xi)$	% de influencia	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.07	0.91	1.907	1.670	1.642	-0.028	-0.01468	1.96E-04	0.95	
<b>c</b> (kPa)	65.7	172.66	26.280	1.538	1.771	0.233	0.00887	0.01357	65.44	
$\phi^\circ$	27	4.67	4.320	1.573	1.740	0.167	0.03866	0.00697	33.62	
Fuente: Elaboración propia.								$\sigma^2$ (FS)	0.021	100.00
								$\sigma$ (FS)	0.144	
								CV(%)	8.522	

Tabla 38: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 1 considerando NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu-\Delta xi$ )	FS( $\mu+\Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS/\Delta xi$	$(\Delta FS/\Delta xi)^2$ $*\sigma^2(xi)$	% de influencia	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.78	0.70	1.678	1.054	1.061	0.007	0.00417	1.22E-05	2.44	
<b>c</b> (kPa)	34.32	188.46	27.456	1.036	1.076	0.04	0.00146	4.00E-04	79.60	
$\phi^\circ$	39	9.73	6.240	1.047	1.066	0.019	0.00304	9.03E-05	17.96	
Fuente: Elaboración propia.								$\sigma^2$ (FS)	0.001	100.00
								$\sigma$ (FS)	0.022	
								CV(%)	2.151	

Tabla 39: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 1 considerando NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu-\Delta xi$ )	FS( $\mu+\Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS/\Delta xi$	$(\Delta FS/\Delta xi)^2$ $*\sigma^2(xi)$	% de influencia
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.78	0.70	1.678	1.046	1.054	0.008	0.00477	1.60E-05	2.56
<b>c</b> (kPa)	34.32	188.46	27.456	1.027	1.069	0.042	0.00153	0.00044	70.45
$\phi^\circ$	39	9.73	6.240	1.035	1.061	0.026	0.00417	0.00017	27.00
Fuente: Elaboración propia.								$\sigma^2$ (FS)	
								$\sigma$ (FS)	0.025
								CV(%)	2.401



Tabla 40: Cálculo de la varianza del FS con el método de Morgenstern-Price para la zona 2 considerando NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu-\Delta xi$ )	FS( $\mu+\Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS/\Delta xi$	$(\Delta FS/\Delta xi)^2$ * $\sigma^2(xi)$	% de influencia	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.07	0.91	1.907	1.147	1.167	0.02	0.01049	1.00E-04	0.93	
<b>c</b> (kPa)	65.7	172.66	26.280	1.075	1.247	0.172	0.00654	0.00740	68.83	
$\phi^\circ$	27	4.67	4.320	1.112	1.226	0.114	0.02639	0.00325	30.24	
Fuente: Elaboración propia.								<b><math>\sigma^2</math> (FS)</b>	0.011	100.00
								<b><math>\sigma</math> (FS)</b>	0.104	
								<b>CV(%)</b>	8.975	

Tabla 41: Cálculo de la varianza del FS con el método de Bishop Simplificado para la zona 2 considerando NF.

Parámetros	$\mu_{xi}$	$\sigma^2(xi)$	$\Delta xi$	FS( $\mu-\Delta xi$ )	FS( $\mu+\Delta xi$ )	$\Delta FS$	$\Delta FS/\Delta xi$	$(\Delta FS/\Delta xi)^2$ * $\sigma^2(xi)$	% de influencia	
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.07	0.91	1.907	1.071	1.066	-0.005	-0.00262	6.25E-06	0.06	
<b>c</b> (kPa)	65.7	172.66	26.280	0.970	1.166	0.196	0.00746	0.00960	85.67	
$\phi^\circ$	27	4.67	4.320	1.038	1.118	0.08	0.01852	0.00160	14.27	
Fuente: Elaboración propia.								<b><math>\sigma^2</math> (FS)</b>	0.011	100.00
								<b><math>\sigma</math> (FS)</b>	0.106	
								<b>CV(%)</b>	9.167	

## E. Modelaciones en GeoStudio (Slope/W)

### E.1. Modelaciones de la zona de estudio 1.

#### P1

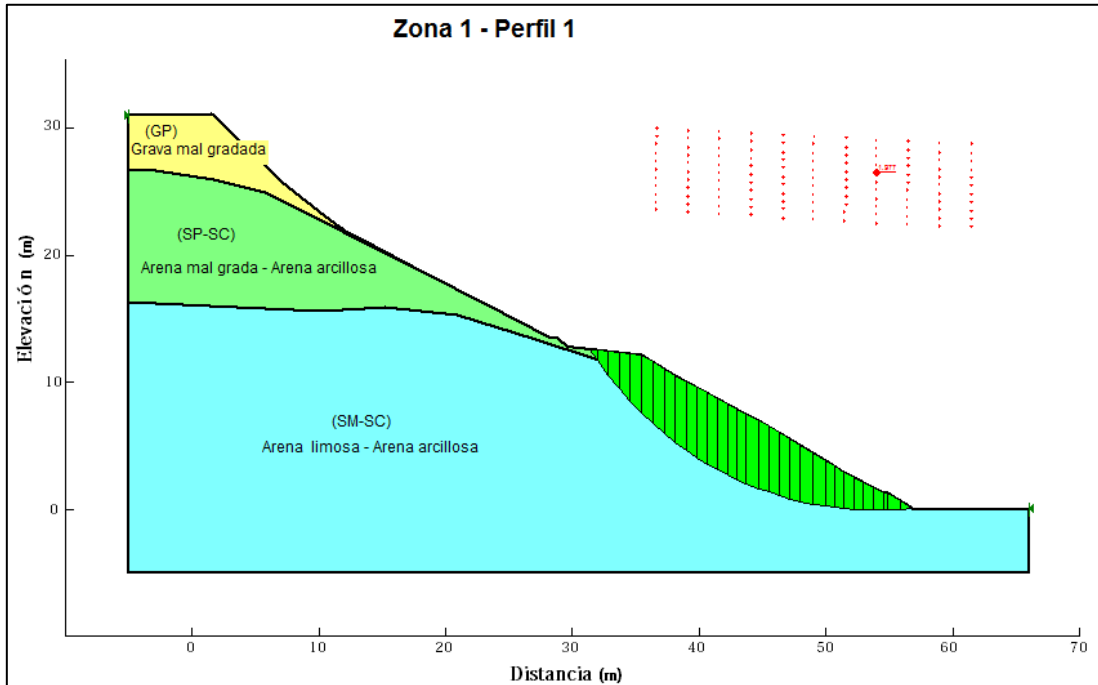


Figura 18: Modelación Perfil 1. GeoStudio (Slope/W)

Fuente: Elaboración propia.

#### P2

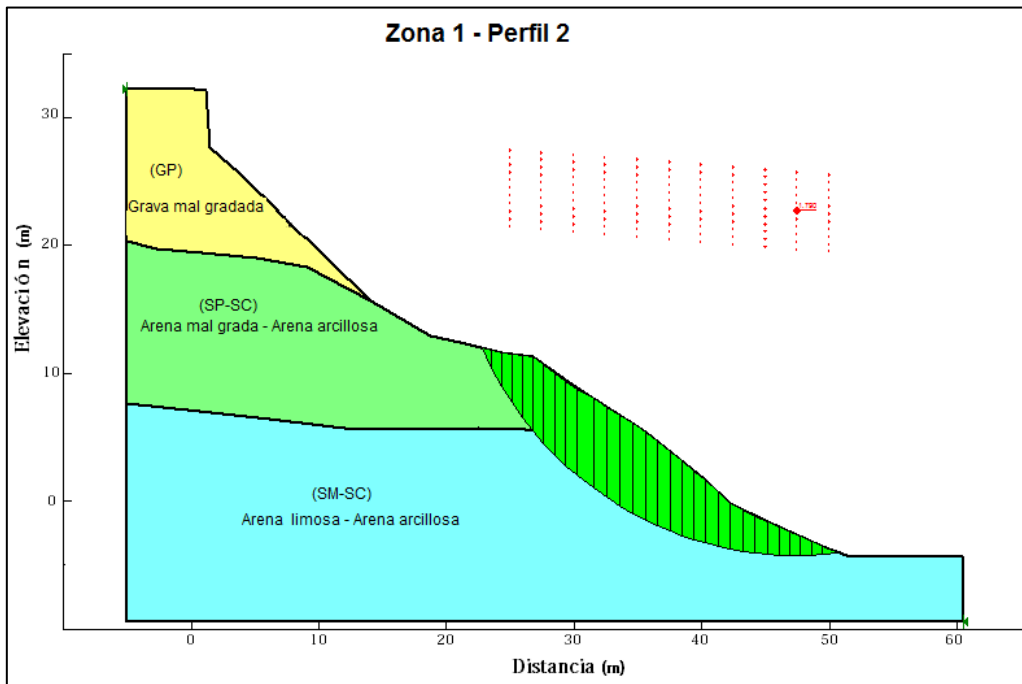


Figura 19: Modelación Perfil 2. GeoStudio (Slope/W)

Fuente: Elaboración propia.

**P3**

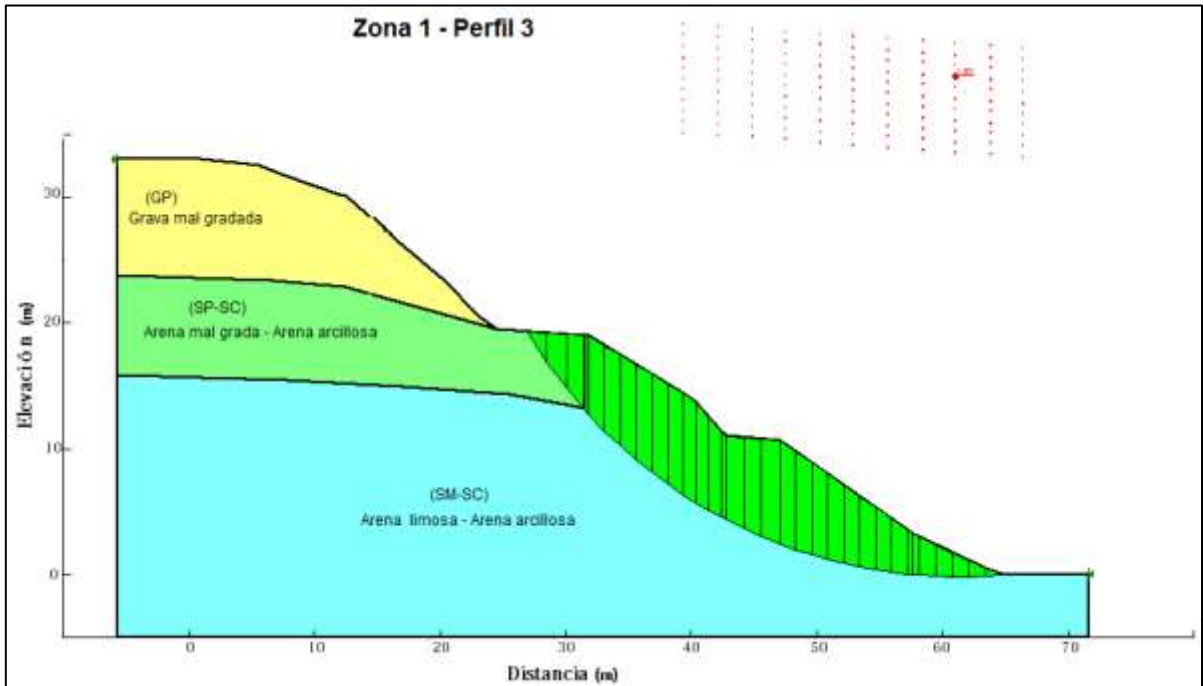


Figura 20: Modelación Perfil 3. GeoStudio (SlopeW)

Fuente: Elaboración propia.

**P4**

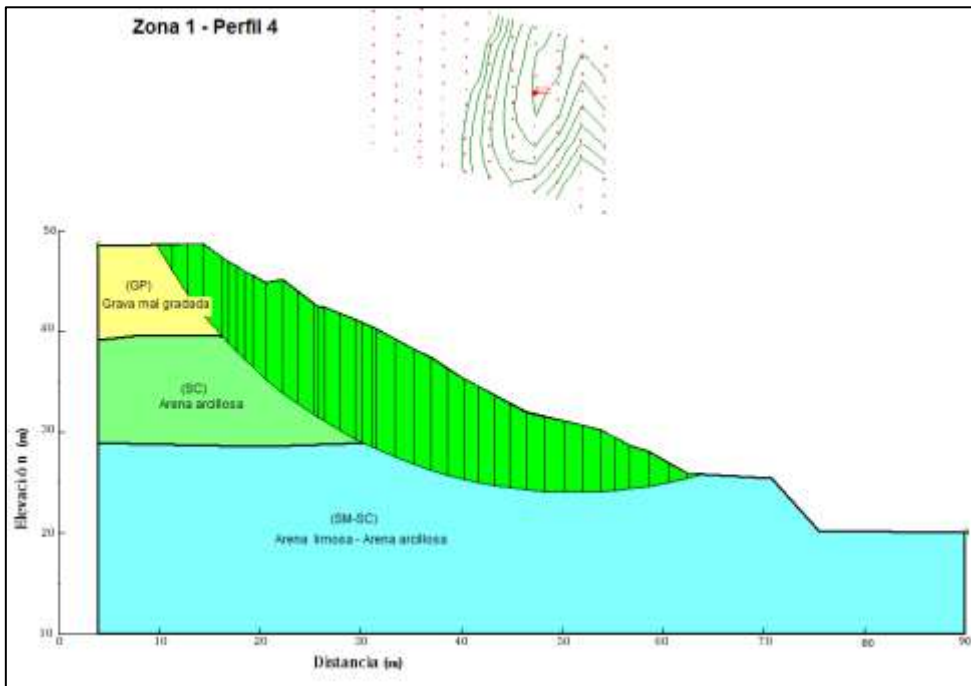


Figura 21: Modelación Perfil 4. GeoStudio (SlopeW)

Fuente: Elaboración propia.

## E.2. Modelaciones de la zona de estudio 2.

P1

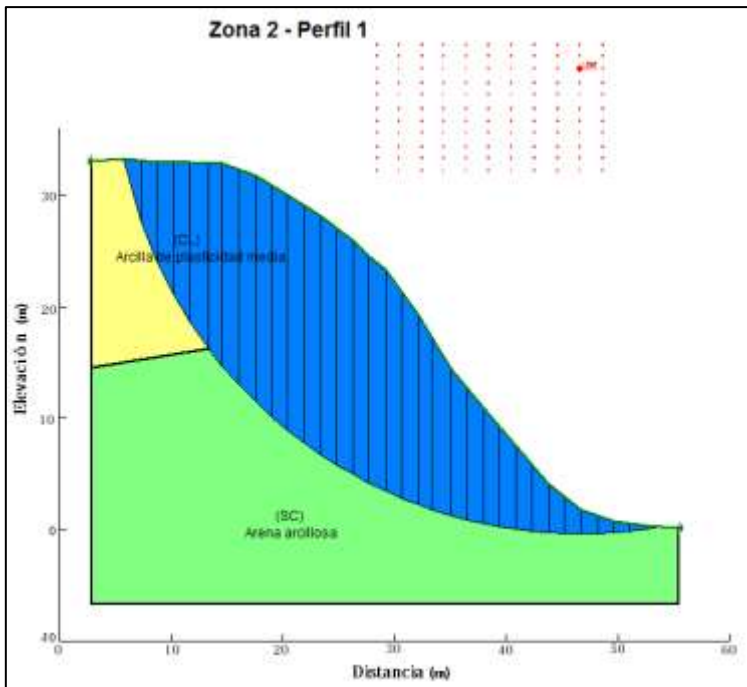


Figura 22: Modelación Perfil 1. GeoStudio (SlopeW)

Fuente: Elaboración propia.

P2

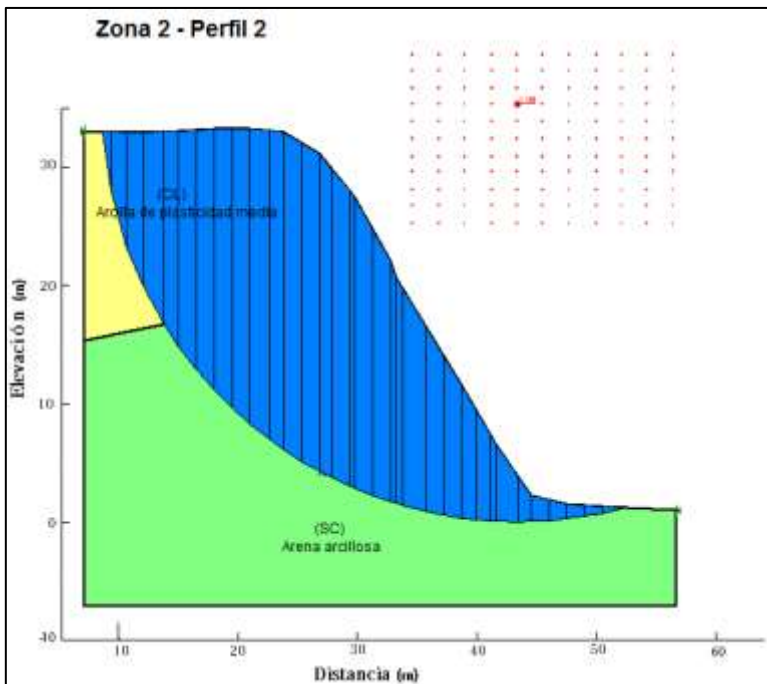


Figura 23: Modelación Perfil 2. GeoStudio (SlopeW)

Fuente: Elaboración propia.

**P3**

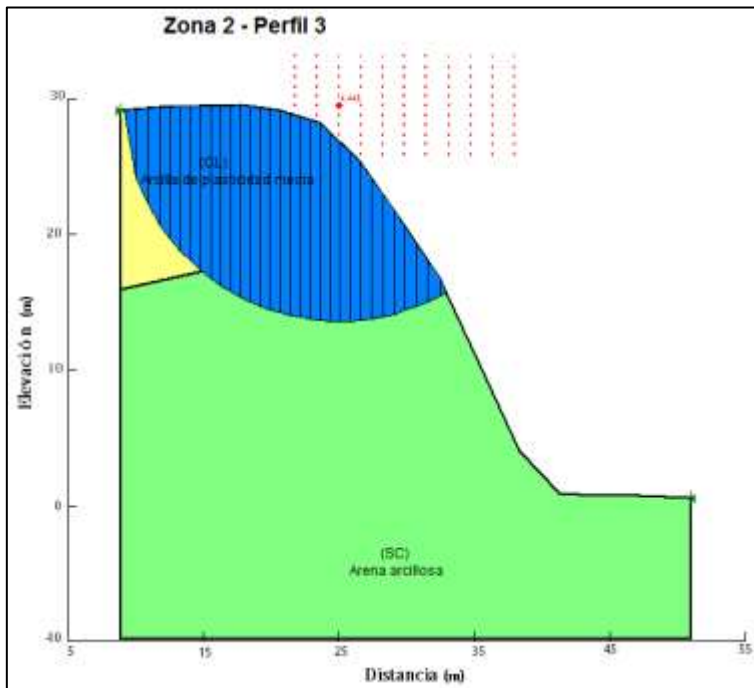


Figura 24: Modelación Perfil 3. GeoStudio (Slope/W)

Fuente: Elaboración propia.

**P4**

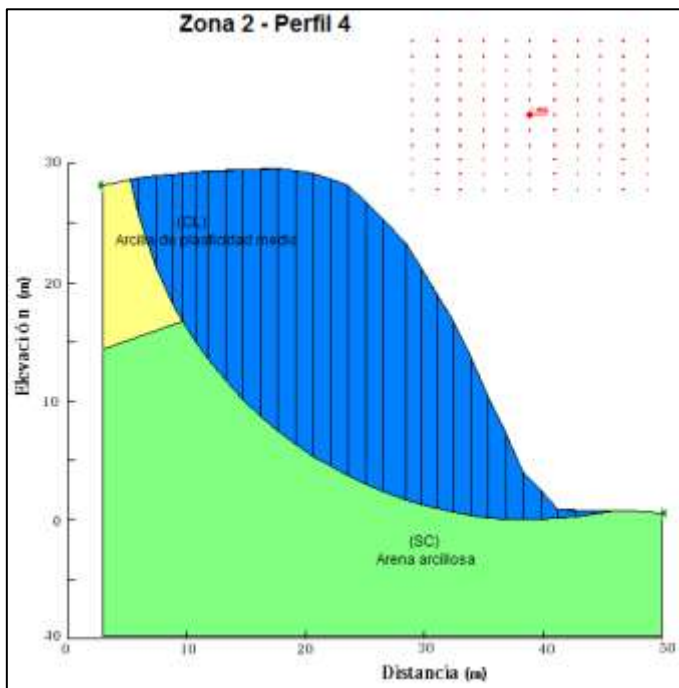


Figura 25: Modelación Perfil 4. GeoStudio (Slope/W)

Fuente: Elaboración propia.