

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **DOCTORADO EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

#### **TESIS**

Determinación de la seguridad de las laderas de Urubamba, en  
función de la degradación superficial y falla de talud  
Cajamarca, Perú

Para optar el Grado Académico de

#### **DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentado por:

**ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ**

Asesor

**Dr. VALENTÍN VICTOR PAREDES OLIVA**

**CAJAMARCA, PERÚ**

**2018**

COPYRIGHT © 2 018 by  
**ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



## **DOCTORADO EN CIENCIAS**

### **MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

#### **TESIS APROBADA:**

Determinación de la seguridad de las laderas de Urubamba, en  
función de la degradación superficial y falla de talud  
Cajamarca, Perú

Para optar el Grado Académico de

#### **DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentado por:

ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ

#### **Comité Científico**

Dr. Valentín Víctor Paredes Oliva  
Asesor

Dr. Marcial Mendo Velásquez  
Miembro de Comité Científico

Dr. Miguel ángel Mosqueira Moreno  
Miembro de Comité Científico

Dr. Alejandro Lagos Manrique  
Miembro de Comité Científico

Cajamarca - Perú

2018



# Universidad Nacional de Cajamarca

## Escuela de Posgrado

CAJAMARCA - PERÚ

### PROGRAMA DE DOCTORADO


#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DOCTORADO EN CIENCIAS


#### MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES


Siendo las cuatro de la tarde del día jueves dieciséis de agosto del año dos mil dieciocho, reunido en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. Marcial Mendo Velásquez, Dr. Miguel Mosqueira Moreno, Dr. Alejandro Lagos Manrique, como integrantes del jurado titular; y en calidad de Asesor, el Dr. Valentín Paredes Oliva. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **DETERMINACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS LADERAS DE URUBAMBA, EN FUNCIÓN DE LA DEGRADACIÓN SUPERFICIAL Y FALLA DE TALUD CAJAMARCA, PERÚ**; presentada por el M.Cs. **ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ** con la finalidad de optar el Grado Académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de dieciocho (excelente) la mencionada Tesis; en tal virtud, el M.Cs. **ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ** con la finalidad de optar el Grado Académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Siendo las 17:20 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
Dr. Miguel Mosqueira Moreno  
Jurado Evaluador

  
.....  
Dr. Alejandro Lagos Manrique  
Jurado Evaluador

  
.....  
Dr. Marcial Mendo Velásquez  
Presidente -Jurado Evaluador



A:

Mis padres, hermanos, esposa e hijos Edu y Jeremy por su comprensión, apoyo, paciencia con tal de persistir en la consecución de este objetivo

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento al Divino Redentor por guiarme en todo momento de mi vida, sin cuya bendición vano sería cualquier intento por emprender algún designio; a los moradores del sector Urubamba, por permitirme recoger los datos de la zona donde se desarrolló el estudio de investigación, a los ingenieros de INDECI, INGEMMET Cajamarca, por consentir el acceso a la información referida a planos y documentos de la zona; a mi asesor el Dr. Valentín Paredes Oliva por el soporte, orientación y mejora del documento de investigación, ocupando su tiempo, conocimiento y experiencia; a los miembros del jurado Dr. Marcial Mendo Velásquez, Dr. Miguel Mosqueira Moreno, Dr. Alejandro Lagos Manrique y a la Dra. Rosa Llique Mondragón por sus aportes en la mejora de este documento.

Desafortunadamente, los suelos son fabricados por la naturaleza y no por el hombre, y los productos de la naturaleza son siempre complejos. Tan pronto como se pasa del acero y el concreto al suelo, la omnipotencia de la teoría deja de existir. El suelo natural nunca es uniforme. Sus propiedades cambian de punto a punto, mientras que nuestro conocimiento de sus propiedades se limita a los pocos sitios en que las muestras han sido recogidas. En la mecánica de suelos la exactitud de los resultados calculados nunca supera a la de una estimación aproximada, y la función principal de la teoría consiste en que nos enseña qué y cómo observar en el campo.

-Karl Therzagui

# ÍNDICE

ítem	Página
DERECHO DE AUTOR .....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
EPÍGRAFE .....	vi
ÍNDICE .....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	xii
LISTA DE ABREVIACIONES .....	xvii
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO I .....	01
1.0. INTRODUCCIÓN .....	01
CAPÍTULO II .....	07
2.0.MARCO TEÓRICO .....	07
2.1. Antecedentes teóricos .....	07
2.2. Bases Teóricas .....	11
2.2.1. Suelo .....	11
2.2.2. Peso unitario .....	12
2.2.3. Granulometría .....	12
2.2.4. Plasticidad .....	12
2.2.5. Clasificación de suelos .....	14

2.2.6. Cohesión .....	14
2.2.7. Ángulo de fricción interna .....	15
2.2.8. Esfuerzo cortante .....	15
2.2.9. Factor de seguridad .....	16
2.2.10. Geodinámica externa .....	17
2.2.11. Talud .....	17
2.2.12. Tipos de movimiento de ladera .....	17
2.2.13. Deslizamientos .....	18
2.2.14. Deslizamientos rotacionales .....	18
2.2.15. Seguridad de las laderas .....	19
2.2.16. Seguridad de las laderas y degradación superficial .....	20
2.2.17. Seguridad de las laderas y falla de talud .....	21
2.2.18. Análisis de estabilidad de taludes .....	21
2.2.19. Métodos de análisis de estabilidad .....	21
2.2.20. Métodos Probabilísticos .....	22
2.2.21. Método de Equilibrio Límite .....	23
2.2.22. Método de dovelas .....	24
2.2.23. Métodos numéricos y aplicaciones del computador .....	25
2.2.24. Permeabilidad .....	25
2.2.25. Coeficiente de permeabilidad .....	26
2.2.26. Infiltración .....	26
2.2.27. Nivel freático .....	26
2.2.28. Succión .....	27

2.2.29. Presión de poro .....	27
2.2.30. Erosión hídrica .....	28
2.2.31. Ecuación Universal de Pérdida de suelo (USLE) .....	28
2.3. Definición de términos básicos .....	29
2.3.1. Talud .....	29
2.3.2. Deslizamientos .....	29
2.3.3. Falla de talud .....	30
2.3.4. Falla circular de talud .....	30
2.3.5. Seguridad de laderas .....	30
2.3.6. Estabilidad de taludes .....	30
2.3.7. Degradación superficial .....	30
CAPÍTULO III .....	31
3.0. MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
3.1. Metodología .....	31
3.1.1. Ubicación .....	31
3.1.2. Accesibilidad .....	34
3.1.3. Clima .....	34
3.1.4. Geología .....	34
3.1.5. Recursos minerales .....	35
3.1.6. Geomorfología .....	35
3.1.7. Vegetación .....	36
3.1.8. Edafología .....	37
3.1.9. Hidrología .....	37
3.2 Tipos de investigación .....	38



3.3 Método de investigación .....	38
3.4 Diseño de la investigación .....	38
3.4.1. Etapa de campo .....	38
3.4.2. Etapa de laboratorio .....	39
3.4.3. Etapa de Gabinete .....	39
3.5. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación .....	42
3.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	43
3.7. Variables y operacionalización de variables .....	43
3.8. Contrastación de la hipótesis .....	47
3.8.1. Formulación de la hipótesis .....	47
3.8.2. Nivel de significancia .....	47
3.8.3. Elección de la prueba estadística .....	47
3.8.4. Estimación del p-valor y toma de decisión .....	47
3.9. Materiales y equipos .....	49
3.9.1. Equipos de la investigación .....	49
3.9.2. Materiales de la investigación .....	49
CAPÍTULO IV .....	51
4.0. Resultados y discusión .....	51
4.0.1. Mecánica de suelos .....	51
4.0.2. Precipitaciones .....	55
4.0.3. Ecuación Universal de Pérdida de suelo (EUPS) .....	56
4.0.4 Degradación superficial de la parcela piloto en el sector Urubamba .....	57
4.0.5 Análisis de estabilidad de las laderas de Urubamba .....	60

4.0.6 Escenario de avenida por deslizamiento de taludes del sector Urubamba	63
4.1. Discusión	65
CAPÍTULO V	69
5.1. CONCLUSIONES	69
5.2. RECOMENDACIONES	70
5.3. PROPUESTA	71
CAPÍTULO VI	72
6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
CAPÍTULO VII	75
7.1 APÉNDICE	75
7.1.1 APÉNDICE A: FIGURAS	76
7.1.2 APÉNDICE B: FOTOS	81
7.1.3 APÉNDICE C: MECÁNICA DE SUELOS	87
7.1.4 APÉNDICE D: ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DEL SUELO (EUPS)	113
7.1.1 APÉNDICE E: FALLA DE TALUD	128
7.1.1 APÉNDICE F: FICHAS	135
7.2 ANEXOS	140

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Estado de consistencia de los suelos .....	13
Figura 02 Carta de plasticidad de los suelos .....	14
Figura 03 Superficie rotura de talud .....	19
Figura 04 Métodos de análisis de estabilidad de taludes .....	23
Figura 05 Método de dovelas .....	25
Figura 06 Ubicación de la zona de estudio .....	32
Figura 07 Ubicación de las calicatas y parcela piloto en el sector Urubamba - Cajamarca .....	33
Figura 08 Operacionalización de variables .....	44
Figura 09 Mapa conceptual entre los diversos factores de las variables Dependiente e Independiente. .....	45
Figura 10 Correlación de Pearson método estático .....	48
Figura 11 Correlación de Pearson método sísmico .....	48
Figura 12 Cuenca del área de estudio y estación hidrometeorológica ‘El Ronquillo’ .....	57
Figura 13 Erosión de la parcela piloto .....	59
Figura 14 Factor de seguridad 0,36 por el método estático programa Slide v 8.0 .....	60
Figura 15 Factor de seguridad 0.167 por el método sísmico programa Slide v 8.0 .....	61
Figura 16 Zona sísmica, Norma E 030 sismoresistente .....	61
Figura 17 Modelamiento Avenida por deslizamiento zona ‘Urubamba’ .....	63
Figura 18 Rotura de dique e inundación de la ciudad de Cajamarca .....	64
Figura 19 Zona de inundación en el valle de Cajamarca .....	64

## APÉNDICE A: FIGURAS

Figura 20 Cuenca El Ronquillo y área de estudio .....	77
Figura 21 Topografía del área de estudio .....	78
Figura 22 Perfiles longitudinales de las 06 calicata .....	79
Figura 23 Perfiles estratigráficos de las 06 calicatas .....	80

## APÉNDICE B: FOTOS

Figura 24 Taludes de la zona de Urubamba .....	82
Figura 25 Talud de Urubamba, al fondo la ciudad de Cajamarca .....	82
Figura 26 Calicata donde se extrajeron las muestras de suelos .....	82
Figura 27 Extracción de la muestra de suelo para el ensayo triaxial .....	83
Figura 28 Falla de Urubamba, deslizamiento 2 001 .....	83
Figura 29 Sembríos y construcción de viviendas en la zona de falla .....	83
Figura 30 Parcela piloto para determinar la erosión del suelo .....	84
Figura 31 Determinación con GPS de las coordenadas UTM sistema WGS84 .....	84
Figura 32 Peso de la erosión del suelo .....	84
Figura 33 Estación Hidrometeorológica "El Ronquillo" .....	85
Figura 34 Pluviómetro para medir la precipitación pluviométrica .....	85
Figura 35 Ensayo peso unitario del suelo .....	86
Figura 36 Fallas en viviendas producido por asentamientos .....	86

## APÉNDICE C: MECÁNICA DE SUELOS

Contenido de humedad y peso unitario .....	88
Límites de Atterberg .....	90
Clasificación de suelos SUCS .....	96
Clasificación de suelos AASHTO .....	100

Análisis granulométrico .....	103
Ensayo Triaxial .....	107
Consolidación de suelos .....	113
<b>APÉNDICE D: ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELOS</b>	
Tratamiento hidrológico .....	114
Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) .....	125
<b>APÉNDICE E: FALLA DE TALUD</b>	
Figura 37 Factor de seguridad 0,362, calicata 1, método estático .....	129
Figura 38 Factor de seguridad 0,167, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 1, método Sísmico .....	129
Figura 39 Factor de seguridad 0.314, calicata 2, método estático .....	130
Figura 40 Factor de seguridad 0.144, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 2, método Sísmico .....	130
Figura 41 Factor de seguridad 0.275, calicata 3, método estático .....	131
Figura 42 Factor de seguridad 0.141, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 3, método Sísmico .....	131
Figura 43 Factor de seguridad 0.276, calicata 4, método estático .....	132
Figura 44 Factor de seguridad 0.139, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 4, método Sísmico .....	132
Figura 45 Factor de seguridad 0.276, calicata 5, método estático .....	133

Figura 46 Factor de seguridad 0.129, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 5, método Sísmico .....	133
--	-----

Figura 47 Factor de seguridad 0.379, calicata 6, método estático .....	134
--	-----

Figura 48 Factor de seguridad 0.176, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 6, método Sísmico .....	134
--	-----

#### APÉNDICE F: FICHAS

Ficha de precipitación pluviométrica .....	136
--	-----

Ficha para la granulometría de suelos .....	137
---	-----

Ficha límite líquido .....	137
----------------------------	-----

Ficha límite plástico .....	138
-----------------------------	-----

Ficha peso unitario .....	138
---------------------------	-----

Ficha Ensayo Triaxial .....	139
-----------------------------	-----

#### ANEXOS

Figura 49 Geomorfología del sector Urubamba .....	141
---	-----

Figura 50 Topografía y drenaje del sector Urubamba .....	142
--	-----

Figura 51 Geología del sector Urubamba .....	143
--	-----

Figura 52 Línea geológica del sector Urubamba .....	144
---	-----

Figura 53 Perfil geológico del sector Urubamba .....	145
--	-----

Figura 54 Peligro deslizamientos del sector Urubamba .....	146
--	-----



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01	Coordenadas UTM del área de estudio .....	31
Tabla 02	Coordenadas UTM de las calicatas .....	31
Tabla 03	Coordenadas UTM de la parcela piloto .....	31
Tabla 04	Accesibilidad Lima – Cajamarca .....	34
Tabla 05	Operacionalización de las variables de las hipótesis .....	46
Tabla 06	Resultados de los ensayos de laboratorio de Mecánica de suelos .....	52
Tabla 07	Intensidad, duración y tiempo de retorno .....	56
Tabla 08	Erosión de la parcela piloto .....	58
Tabla 09	Factor de zona .....	61
Tabla 10	Textura del suelo (Quispe 2 015) .....	126
Tabla 11	Valores de la cobertura (Quispe 2015) .....	127
Tabla 12	Conservación de suelos (Quispe 2015) .....	127

## ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula 01	Peso unitario .....	12
Fórmula 02	Esfuerzo cortante.....	16
Fórmula 03	Mohr-Coulomb del Esfuerzo cortante .....	16
Fórmula 04	Factor de seguridad .....	16
Fórmula 05	Ecuación Universal de Pérdida de Suelo .....	29

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

- AASHTO: Asociación Estatal Estadounidense de Carreteras y Transporte
- ASTM: Sociedad Americana para Ensayos de Materiales
- CARE: Cooperativa para asistencia y ayuda en todas partes
- COSUDE: Cooperación Suiza para el Desarrollo
- EUPS: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- FS: Factor de seguridad
- GRIDE: Grupo Impulsor para la Gestión de Riesgos
- INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil
- INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales
- ITGE: Instituto Geominero de España
- MPC: Municipalidad Provincial de Cajamarca
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- NTP: Normas Técnicas Peruanas
- OCR: Relación de sobreconsolidación
- PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- SEDACAJ: Servicio Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Cajamarca
- SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
- SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- UNC: Universidad Nacional de Cajamarca
- USLE: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

## RESUMEN

En esta investigación se determinó la seguridad de las laderas de Urubamba en función de la degradación superficial y falla de talud, cuya zona presenta fallas geológicas, para esto se utilizó la técnica de la observación directa y ensayos de mecánica de suelos, construyendo calicatas, recogiendo muestras, realizando trabajos en laboratorio y gabinete, procesando y modelando mediante software, La investigación es de tipo descriptiva. Se utilizó un grupo control de 06 calicatas el cual fue caracterizado a fin de obtener sus propiedades físico mecánicas, con estos valores obtuvimos el factor de seguridad de 0,362 y 0,167 por el método estático y sísmico, según a la norma CE 020 2 012, considera taludes estables a los F.S. mayores a 1,5 y 1,25; estático y sísmico respectivamente, además se ubicó una parcela piloto donde se registró la degradación del suelo ocasionada por la lluvia, cuyo valor fue de 0,0657 t/ha/año, paralelamente usando la EUPS hallamos 3,68 t/ha/año, de estos valores elegimos el mayor 3,68 t/ha/año, correspondiéndole una degradación leve. La contrastación de la hipótesis se llevó a cabo mediante la correlación de Pearson, obteniendo el estadístico igual a -0,668, medida que refiere buena correlación inversa, sí aumenta la degradación del suelo, entonces disminuye el valor del factor de seguridad, por consiguiente, disminuye la seguridad de las laderas, el p valor fue de  $0,015 < 0,05$ ; Por lo tanto, es significativa, rechazando la hipótesis nula, de donde concluimos que las laderas de Urubamba son inseguras por degradación y falla de talud.

**Palabras clave:** Seguridad, laderas, degradación, falla de talud.

## ABSTRACT

In this investigation the safety of the Urubamba slopes was determined in terms of surface degradation and slope failure, whose zone presents geological faults, for this the technique of direct observation and trials of soil mechanics was used, constructing pits, collecting samples, performing lab and cabinet work, processing and modeling using software, the research is descriptive, a control group of 06 pits was used which was characterized in order to obtain its physical and mechanical properties, with these values we obtained the safety factor of 0,362 and 0,167 by the static and seismic method, according to the CE 020 2 012 standard, considers stable slopes to the FS greater than 1,5 and 1,25; static and seismic, respectively, a pilot plot where the degradation of the soil caused by rain was recorded, whose value was 0,0657 t / ha / year, in parallel using the EUPS we found 3,68 t / ha / year, of these values we chose the highest, 3,68 t / ha / year, corresponding to a slight degradation. The test of the hypothesis was carried out using the Pearson correlation, obtaining the statistic equal to -0,668, a measure that refers good inverse correlation, if soil degradation increases, then the value of the safety factor decreases, therefore, it decreases the safety of the hillsides, the p value was  $0,015 < 0,05$ . Therefore, it is significant, rejecting the null hypothesis, from which we conclude that the Urubamba slopes are unsafe due to degradation and slope failure.

**Keywords:** Security, slopes, degradation, slope failure.

## CAPÍTULO I

### 1.0 INTRODUCCIÓN

La presente tesis se encuentra enmarcada en las normas CE 020-2012 de estabilización de suelos y taludes, del Reglamento Nacional de edificaciones RNE-2006, a nivel superficial, para ser considerado en obras proyectadas de ingeniería civil.

La justificación de la presente tesis, inicia con la formación de la cordillera de los Andes, la cual modela el relieve de la superficie terrestre, en donde se distingue la formación de valles y laderas. Cajamarca, al ubicarse en el flanco occidental de esta cadena montañosa se encuentra conformada por innumerables formaciones geológicas propias de su orogénesis, este modelamiento del entorno determina una serie de comportamientos del suelo a nivel superficial, ya sea por la intervención de agentes constituyentes como animales, plantas y el hombre, así como por su dinámica interna (MPC 2 011).

En este contexto, es posible afirmar que el principal peligro natural que amenaza a la ciudad de Cajamarca es de origen geológico y está vinculado a los fenómenos atmosféricos (INDECI 2 005).

Esto pone en evidencia que Urubamba, es un sector del territorio de Cajamarca expuesto a un permanente riesgo por deslizamiento de tierras, problema que amerita ser estudiado con miras a proponer las medidas más apropiadas a fin de atenuar el problema.

Existen metodologías que nos permiten comprender la inestabilidad en los taludes, basadas en el estudio del tipo de suelo, el ángulo de fricción interna, la fuerza de cohesión entre partículas, etc. así como también es posible su modelamiento matemático para predecir su estabilidad y determinar su seguridad.

En el sector Urubamba de la localidad de Cajamarca se encuentra una zona de fallas, situación que pone a la ciudad de Cajamarca en una condición vulnerable, que de producirse un deslizamiento de taludes ocasionaría daño a las personas, animales, viviendas y al medio ambiente (INGEMMET 2 004).

En el año 1 992 un pequeño deslizamiento de flujo represó el río tres ríos, afortunadamente este no generó grandes problemas aguas abajo, después del desembalse (INGEMMET 2 004).

Luego, el año 2 001 se presentó un deslizamiento en la margen derecha del río Urubamba de un ancho de 150 m., longitud de 200 m. y un espesor promedio menor a 10 m., fuertes lluvias, falta de cobertura vegetal y suelos fácilmente erosionables fueron la causa principal (INGEMMET 2 004).

Después, en el 2 002 nuevamente se produjeron movimientos traslacionales de masa al caer fuertes lluvias, unido a la escasa cobertura vegetal de la zona, el deslizamiento tubo una dimensión de 50 m. en la corona., con escarpa principal de 2 a 3 m. de altura y longitud de 150 m.

El INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) en el año 2 002, elaboró un Informe Técnico dando cuenta acerca de la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento de aproximadamente 20 millones de m<sup>3</sup>, que estaría compuesto por una gran masa de tierra, agua y roca el cual afectaría a 45 000 personas de la ciudad de Cajamarca.

El INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), El PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) en el 2 005 elaboraron el documento: Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante desastres de la Ciudad de Cajamarca, donde sostienen que los fenómenos geológico – climático propician el desarrollo de remoción de masas en los cerros



San Vicente, Urubamba, Ronquillo y Corisorgona, durante las épocas de intensas precipitaciones, afectando gran porcentaje de la zona Norte de la ciudad.

La Municipalidad de Cajamarca (MPC), la Cooperación para la Asistencia y beneficio (CARE Perú) y la Agencia Suiza para el Desarrollo (COSUDE) en el año 2006, en coordinación con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Cajamarca (SENAMHI), la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). La Oficina de Defensa Nacional del Gobierno Regional, el INDECI, el Servicio de Agua y Alcantarillado (SEDACAJ), el Grupo Impulsor de Gestión de Riesgos (GRIDE) integraron sus esfuerzos para participar en la Gestión e implementación del proyecto de Gestión de Riesgos frente a la Amenaza de Deslizamientos.

Lo expuesto muestra que el sector Urubamba, es un sector del territorio de Cajamarca expuesto a un permanente riesgo por deslizamiento de tierras, por consiguiente, el problema que se estudió en la presente investigación fue: problema principal ¿Cuál es el estado de seguridad de las laderas de Urubamba - Cajamarca, Perú, en función de la degradación superficial y falla rotacional de talud?; los problemas secundarios del estudio fueron: ¿Cuál es el valor del factor de seguridad de las laderas de Urubamba – Cajamarca, Perú, en función de la degradación superficial y falla rotacional de talud? y ¿Cuál es el valor de la degradación de las laderas de Urubamba – Cajamarca, Perú?.

La hipótesis de investigación a contrastar se describe: Las laderas en la zona de Urubamba - Cajamarca, Perú, son inseguras por degradación superficial y falla rotacional de talud, la hipótesis específica fue: Las laderas en la zona de Urubamba - Cajamarca, Perú, son inseguras por el factor de seguridad  $< 1,5$  por el método estático y  $< 1,25$  por el método dinámico

El objetivo principal fue: Determinar el estado de seguridad de las laderas de Urubamba - Cajamarca, Perú, en función de la degradación superficial y falla rotacional de talud; los objetivos específicos fueron: Determinar el valor del factor de seguridad de las laderas de Urubamba – Cajamarca, Perú, y Determinar el valor de la degradación en las laderas de Urubamba – Cajamarca, Perú.

La delimitación del estudio en la zona de vulnerabilidad del sector Urubamba, tiene que ver con la evaluación del comportamiento de las laderas en la cara o pendiente del talud, teniendo en cuenta el informe geofísico de la cooperación suiza, el cual sostiene presencia de roca a una profundidad de 20 m., según las propiedades físicas de la capa superficial estos pertenecen a suelos limoarcillosos, cuya forma de deslizamiento ante una inestabilidad corresponde a una falla rotacional, los taludes fueron modelados en el software SLOPE, bajo condiciones hidráulicas extremas, a fin de conocer su comportamiento. Por lo tanto, no se realizaron estudios relacionados con fallas planares, circulares de pie, circulares profundas, tipo cuña o complejas sin formas definidas, que podrían existir en la zona de estudio, cuyo marco de estudio de la presente tesis se encuentra enmarcada en las normas CE 020-2012 de estabilización de suelos y taludes, del Reglamento Nacional de edificaciones RNE-2006, para ser considerado en obras proyectadas de ingeniería civil.

El diseño de la investigación comprendió una fase de revisión bibliográfica acerca de los antecedentes que sobre este tema se han elaborado, en seguida se consideró una etapa de reconocimiento de campo para identificar puntualmente el problema, establecer los lugares de muestreo, construir las calicatas, extraer las muestras, ubicar la parcela piloto, recoger los datos de erosión producidos por la lluvia, adquirir los registros pluviográficos de la estación ‘‘El Ronquillo’’, para luego en el laboratorio con la guía de los protocolos ASTM, encontrar

los datos que nos permitirán conseguir las propiedades físico mecánicas de los suelos, la degradación del suelo y el factor de seguridad, valor que nos indicará la generación de la falla; luego en la etapa de gabinete se procesa la información recogida en campo y laboratorio, utilizando los programa Excel, Arc GIS v 10.6 y Slide v 8.0, hasta obtener resultados los mismos que son interpretados y discutidos, a continuación contrastamos la hipótesis, aplicando la estadística inferencial a través de la correlación Pearson, entre la degradación y la falla de talud, con la ayuda del programa IBM SPSS v 24.0, finalmente establecemos conclusiones dando respuesta a las preguntas planteadas en el problema de estudio.

En el primer capítulo se enuncia el problema de la investigación, la hipótesis y los objetivos que se persiguen, el diseño que se consideró a partir de recojo de muestras, fichas utilizadas, toma de datos, procesamiento.

En el segundo capítulo se presentan los antecedentes de la investigación referido a los trabajos que sobre este tema se realizaron, para luego mostrar los conceptos y teorías en relación con la investigación.

En el tercer capítulo se describe la metodología seguida en la investigación, ubicándonos espacialmente en el sector donde se realizó el estudio, mencionamos las características de la zona como accesibilidad, clima, geología, geomorfología, vegetación, edafología, hidrología, narrando cada una de las etapas desde el recojo y toma de datos hasta el procesamiento, a partir de esta información contrastamos la hipótesis, así mismo se describen los materiales y equipos utilizados en la investigación.

En el cuarto capítulo los resultados representativos luego de procesarlos se interpretan y discuten en relación a los objetivos del estudio.

En el quinto capítulos se presentan las conclusiones dando respuesta a las preguntas del problema investigado, así mismo se proponen recomendaciones para disminuir la inseguridad en la zona de Urubamba y se plantea una propuesta metodológica.

En el Capítulo seis se menciona las referencias bibliográficas, donde se describen los autores utilizados en la investigación, utilizando las normas APA.

Capitulo siete, en el apéndice se colocan los resultados de los ensayos de laboratorio, el tratamiento hidrológico, el cálculo de la degradación utilizando EUPS, los resultados del factor de seguridad de los taludes en las 06 calicatas, las fichas de recojo de datos de campo, fotos, en los anexos se ubican las figuras relacionadas con el tema de estudio.

## CAPÍTULO II

### 2.0 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes teóricos

##### Internacionales

**Suarez (1 998)**, en la investigación deslizamiento y estabilización de taludes, Bucaramanga-Colombia, señala que la modelación o representación matemática del fenómeno de falla al cortante en un deslizamiento se realiza utilizando las teorías de la resistencia de materiales. Las rocas y los suelos al fallar al corte o cortante se comportan de acuerdo a las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de Coulomb. El análisis de la ecuación de Coulomb requiere predefinir los parámetros, ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo. La presencia del agua reduce el valor de la resistencia del suelo dependiendo de las presiones internas o de poros. El ángulo de fricción interna viene a ser la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física, que depende de varios factores como el tamaño, forma, distribución y la densidad de los granos. La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas del suelo, La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras que en la física este término se utiliza para representar la tensión. En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero y a estos suelos se les denomina suelos no cohesivos.

**Ayala (1 986)**, a través del Manual de Ingeniería de Taludes, Madrid-España, define el deslizamiento como el movimiento que se produce al superarse la resistencia al

corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies o a través de una franja relativamente estrecha del material. Generalmente las superficies de deslizamiento son visibles o pueden deducirse razonablemente. La velocidad con que se desarrolla estos movimientos es variable, dependiendo de la clase de material involucrado en los mismos. El movimiento puede ser progresivo, produciéndose inicialmente una rotura local, que puede no coincidir con la superficie de rotura general, causada por una propagación de la primera. La masa desplazada puede deslizarse a una distancia variable de la superficie original de rotura, solapándose con el terreno natural y marcando éste una superficie de separación bien definida. Sobre los flancos y superficies que se produce el movimiento se originan estrías indicativas de la dirección del movimiento. Así mismo menciona que el deslizamiento rotacional tiene lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interno, de forma aproximadamente circular y cóncava. El movimiento tiene una naturaleza más o menos rotacional, alrededor de un eje dispuesto paralelamente al talud. La salida de las superficies circulares sobre las que se produce la rotura puede originarse en tres partes diferentes del talud, según las características resistentes del material, altura e inclinación del talud. Si la superficie de rotura corta al talud por encima de su pie, se denomina superficie de rotura de talud. Cuando la salida se produce por el pie del talud y queda por encima de la base, recibe el nombre de superficie de rotura de pie de talud y si la superficie de rotura pasa por debajo del pie del talud con salida en la base del mismo y alejada del pie, se denomina superficie de rotura de base de talud.

**Rahardo (2 011)**, en el estudio falla de talud inducida por las lluvias en Nanyang-Singapur, menciona la forma que la precipitación pluviométrica induce la falla de los taludes, que son comunes en laderas de suelos residuales. Las características del flujo

del agua, los cambios en la presión de poro y el esfuerzo cortante de suelos son los principales parámetros asociados con la estabilidad de taludes. La respuesta del talud a la precipitación, a la infiltración y evapotranspiración son procesos variables en el espacio y tiempo, son en gran medida influenciadas por la dinámica de las condiciones climáticas, las propiedades del suelo y la vegetación.

**Blanco (2 011)**, en la investigación Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes realizada en Santander-España, nos menciona que, están constituidos por una membrana (red de cables o malla de alambre) sujeta al terreno mediante placas de anclaje, cables de refuerzo y bulones. Los sistemas flexibles, tal y como actualmente se instalan, no son sistemas activos; es decir, que no evitan que se produzcan deslizamientos o caídas de rocas, sino que pueden contener a la masa inestable una vez que ha comenzado su caída. En definitiva, cumplen una función paliativa en lugar de preventiva. Para que el sistema fuera activo, la membrana debería tener una forma convexa conocida y además poseer una pre tracción inicial concreta y dependiente de la curvatura de la red.

**Alfaya (2 012)**, en el estudio colonización de taludes artificiales por medio de la vegetación natural en Madrid-España, Las especies que espontáneamente colonizan los taludes de carreteras tienen una serie de atributos de carácter morfo-funcionales comunes. El perfil de la especie que se desarrolla con éxito en estos hábitats obedece a un patrón que podría asimilarse a los taxones típicos de pastizales: terófitos anuales de crecimiento vertical y tamaño medio entre 50 y 100 cm., sin una preferencia edáfica definida, productoras de gran cantidad de semillas de tamaño medio, que se dispersan por medios anemócoros.

## **Nacionales**

**INGEMMET (2 007)**, en su estudio zonas críticas por peligros geológico y geohidrológicos en la región Cajamarca, han permitido identificar, georeferenciar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias recientes y antiguas, de procesos de movimientos en masa de los tipos: derrumbes, caídas de rocas, deslizamientos, flujos de detritos, huaycos, flujos de lodo, avalanchas, reptaciones y movimientos complejos, así como también de zonas afectadas por procesos de erosión e inundación fluvial, erosión de laderas (cárcavas), procesos de hundimiento y otros peligros. Estableciéndose que, de un total de 1 983 peligros geológicos en toda la región, 726 corresponden a deslizamientos, tanto movimientos traslacionales como rotacionales.

**COSUDE-CARE (2 008)**, ejecutó el estudio: Gestión de riesgos deslizamientos del Ronquillo, Urubamba y Corizorgona, Cajamarca-Levantamiento Geofísico de Georadar, cuya finalidad fue de calcular la profundidad e inclinación del suelo susceptible al deslizamiento. El informe presentó como resultado en el área de Urubamba presencia de suelos no consolidados de una potencia comprendida entre 15 y 25 metros de espesor y una pendiente o ángulo de arrastre mayor a 45°. Concluyendo en su reporte que esta zona presenta un alto riesgo de deslizamientos.

## **Locales**

**Alcántara, Arteaga y Torres (2 013)**, en la investigación evaluación geotécnico-ambiental del deslizamiento Ronquillo en la ciudad de Cajamarca, concluyeron que la historia geológica del cerro Ronquillo ha generado diversas inestabilidades en sus macizos rocosos, generando diversos tipos de movimientos de masa, desde caídas de rocas, hasta grandes deslizamientos, pero el principal es el deslizamiento que lleva su nombre. La probabilidad de ocurrencia del deslizamiento Ronquillo es muy alta,



debido a las evidencias históricas en sus alrededores. Existen diversas metodologías de remediación para deslizamientos, pero son muy pocas las que se pueden aplicar al deslizamiento el Ronquillo, por su gran envergadura y complejidad geológica. Las metodologías apropiadas para remediar el deslizamiento Ronquillo son principalmente: obras de drenaje y subdrenaje sumado a la posibilidad de aplicar bioingeniería, reforestando las áreas de la corona del deslizamiento para reducir la infiltración y mejorar los suelos.

**Lagos (2 014)**, realizó la investigación de la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad en los terrenos de la zona de: Urubamba y tres ríos. Cajamarca Perú. En esta investigación señala que el factor litológico (26,17%), tectónico (25,37%), hidrológico (24,42%) y otros (24,04%) son las condicionantes más importantes para la inestabilidad de taludes en la zona, encontrando una relación directa entre los mapas factores geológicos y la susceptibilidad, donde a mayor presencia de agua en las rocas, contenido de material arcillo calcáreo y al elevado grado de tectismo, mayor es la susceptibilidad a los movimientos de masa.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Suelo**

Material terroso, compuesto por partículas minerales, granulares o cohesivas, producto de la descomposición por intemperismo, con presencia de materia orgánica cerca de la superficie, el agua contenida asume un rol importante en su comportamiento mecánico, quedan excluidas las rocas sanas, ígneas, metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados (Juarez 2 006).

### **2.2.2 Peso unitario**

Peso que ocupa un volumen de suelo, sus unidades son kg/m<sup>3</sup>.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Donde:

W: Peso total de la muestra (kg).

V: Volumen total que ocupa la muestra (cm<sup>3</sup>).

(Alva 2 006).

### **2.2.3 Granulometría**

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo. Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente (Crespo 2 004).

### **2.2.4 Plasticidad**

Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite sin romperse. Por medio de ello se mide el comportamiento de los suelos en cualquier instante. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable. Para determinar la

plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien estableció cuatro estados de consistencia, según la cantidad de agua que contienen.

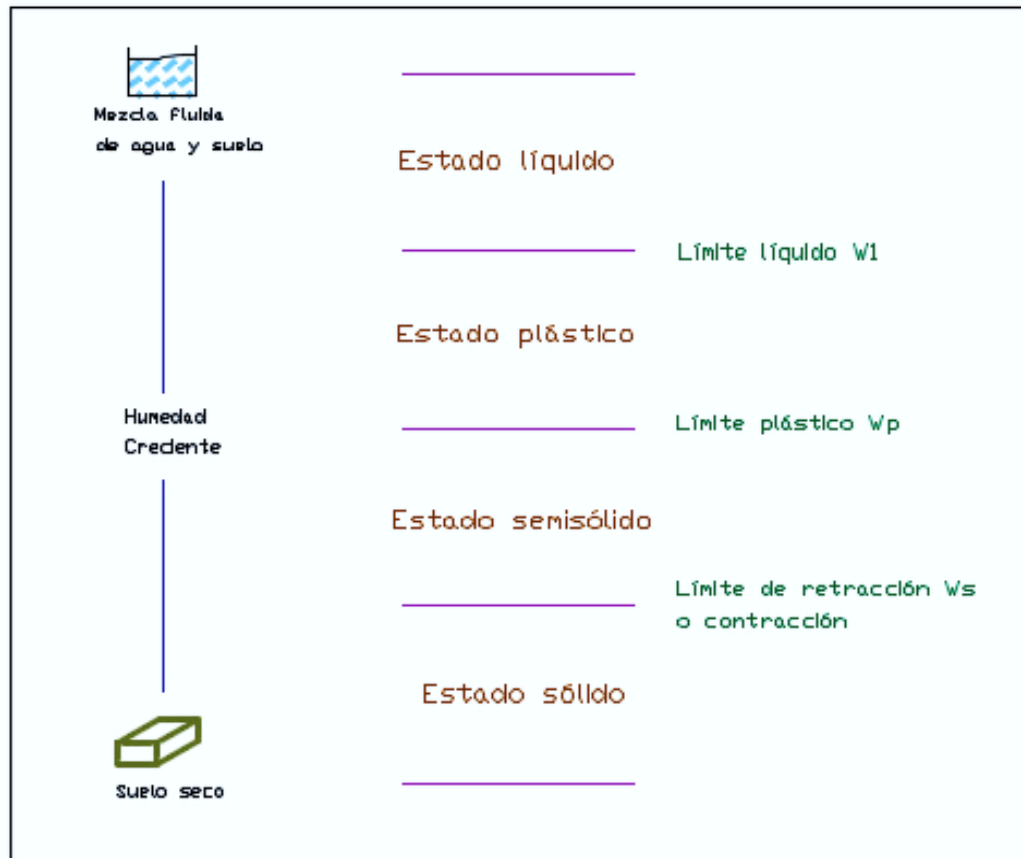


Figura 1. Estados de consistencia de los suelos  
Fuente: Crespo 2 004.

Según Atterberg, cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico (Crespo 2 004).

### 2.2.5 Clasificación de suelos

Primero se obtiene el análisis granulométrico, el límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP), para la clasificación de suelos por el Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS se determina si el 50% del porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, luego ubicamos el LL y el IP en la carta de la plasticidad, y para el Sistema AASHTO se usa la tabla AASHTO, se determina si el 35 % el porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, se encuentra el índice de grupo (IG), se ubica el LL y el IP en la tabla y se verifica la condición  $IP \leq LL - 30$  (Juarez 2016).

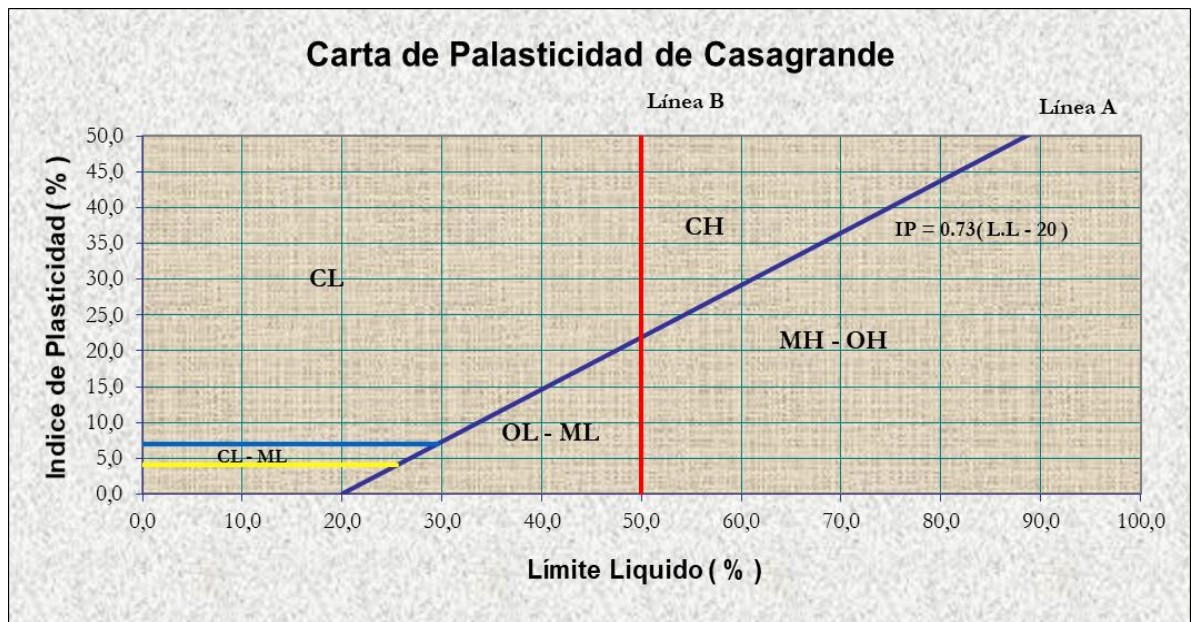


Figura 2. Carta de plasticidad de los suelos  
Fuente: Juarez 2006.

### 2.2.6 Cohesión

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

utiliza para representar la tensión. En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos (Braja 2 011).

### **2.2.7 Angulo de fricción interna**

Es el ángulo límite de oblicuidad para permanecer estable entre dos partículas, y por tanto el criterio mayor de falla por deslizamiento que ocurre en cierto plano, varía sensiblemente de una arena a otra por el grado de entrelazado, depende directamente de la densidad (Venkatramaiah 2 006).

### **2.2.8 Esfuerzo cortante**

Consiste en atribuir a la fricción entre partículas del suelo, la resistencia al corte del mismo y, en extender a este, las leyes que rigen a la fricción entre cuerpos, en primer lugar los suelos granulares fallan por esfuerzo cortante a lo largo de planos de deslizamiento y, que, dada una masa de suelo y un plano potencial de falla, el esfuerzo cortante máximo y, por lo tanto, la resistencia al esfuerzo cortante del suelo por unidad de área en ese plano, son directamente proporcionales, la constante de proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y el esfuerzo normal, fue definida en términos de un ángulo, al cual Coulomb llamó “ángulo de fricción interna”. A los materiales arcillosos se le asignó otra fuente de resistencia al corte, la cual se llamó “cohesión”. En general los suelos muestran características mixtas, es decir, presentan a la vez cohesión y fricción interna, de donde nace la ley de Coulomb: el esfuerzo cortante es igual a la cohesión más el esfuerzo normal multiplicado por la tangente del ángulo de fricción interna (Juárez 2 006).

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante (Kg/cm<sup>2</sup>).

F: Fuerza de corte (kg).

A: Área en la que actúa la fuerza de corte (cm<sup>2</sup>).

(Donald 1 998)

Propuesto por Coulomb en el año de 1786 y después generalizado por Mohr en 1 900, viene a ser la relación funcional entre el esfuerzo normal en cualquier plano y el esfuerzo cortante en ese plano.

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (\text{Fórmula 3})$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante(kg/cm<sup>2</sup>).

c: Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>).

$\sigma$ : Esfuerzo normal (kg/cm<sup>2</sup>).

$\varphi$ : Ángulo de fricción interna (°).

(Venkatramaiah 2 006)

### 2.2.9 Factor de seguridad

El factor de seguridad, FS, es definido con respecto al esfuerzo cortante de los suelos como:

$$FS = \frac{\tau}{s} \quad (\text{Fórmula 4})$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante de equilibrio ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

S: Esfuerzo cortante del terreno ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

(Duncan y Wright 2 005).

### **2.2.10 Geodinámica externa**

Conjunto de fenómenos geológicos de carácter dinámico, que pueden actuar sobre el terreno materia del Estudio como, erupciones volcánicas, inundaciones, huaycos, avalanchas, tsunamis, activación de fallas geológicas (Norma CE 020 2 012).

### **2.2.11 Talud**

Superficie inclinada respecto a la horizontal que adoptan permanentemente las masas de tierra, cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera, cuando son hechos por el hombre se denominan cortes o terraplenes, las diferencias radican en la naturaleza de los materiales constituyentes y en su historia geológica, las partes de un talud son el pie, la altura, la pendiente y la cabeza o cresta del talud (Gonzales 2 001).

### **2.2.12 Tipos de movimiento de ladera**

La inestabilidad de taludes se traduce en una serie de movimientos, que pueden ser clasificados en base a distintos criterios, de acuerdo con los mecanismos que se producen en diferentes materiales y los intervalos de tiempo en que tienen lugar.

La fase de reconocimiento y clasificación del tipo de movimiento es de una gran importancia, ya que puede condicionar el análisis y conclusiones de control y estabilización del mismo (Ayala 1 986).

### **2.2.13 Deslizamientos**

Son movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies, a través de una franja relativamente estrecha del material.

Generalmente las superficies de deslizamiento son visibles o pueden deducirse razonablemente.

La velocidad con que se desarrollan estos movimientos es variable, dependiendo de la clase de material involucrado en los mismos.

El movimiento puede ser progresivo, produciéndose inicialmente una rotura local, que puede no coincidir con la superficie de rotura general, causada por una propagación de la primera (Ayala 1 986).

### **2.2.14 Deslizamientos rotacionales**

Cuya superficie de deslizamiento es parecida a una superficie cilíndrica, la sección transversal se asemeja a un arco de círculo. Este tipo de deslizamientos se suele producir en terrenos homogéneos, ya sea suelos o rocas altamente fracturados sin direcciones predominantes de fracturación, además la condición será, que las partículas de suelo o roca tengan tamaño muy pequeño en comparación con las dimensiones del talud (Ayala 1 986).

La salida de las superficies circulares sobre las que se produce la rotura puede originarse en tres partes diferentes del talud, según las características resistentes del material, altura e inclinación, estas son profundas, de pie y de talud.



Si la superficie de rotura corta al talud por encima de su pie, se denomina superficie de rotura o falla de talud, si esta intersecta al pie se denomina rotura de pie y si corta al sector detrás del pie se denomina rotura profunda (Ayala 1 986).

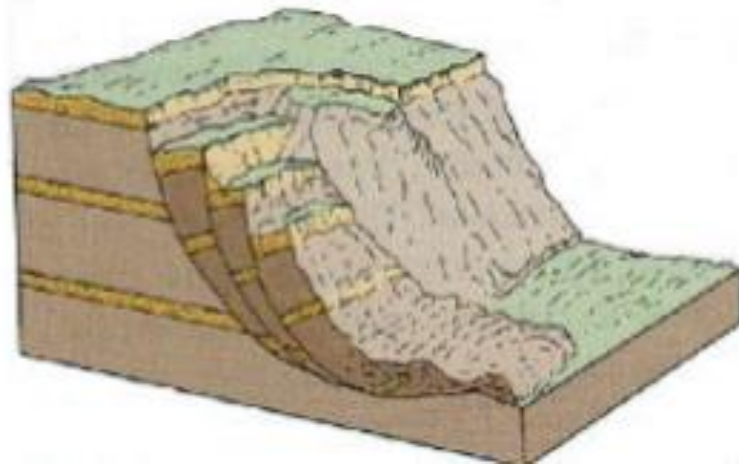


Figura 3. Superficie rotura de talud  
Fuente: Skinner y Porter 1 992.

### **2.2.15 Seguridad de las laderas**

La seguridad de las laderas nos proporciona la condición estable o inestable del talud, para esto es necesario elaborar el análisis de estabilidad de los taludes. Durante muchos años se ha utilizado las técnicas del equilibrio límite, este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no requiere sobre la relación esfuerzo-deformación. El sistema de equilibrio límite supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes sean iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1,0; produciéndose el estado de seguridad inestable. El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Generalmente, los métodos son de iteración y cada uno de los métodos posee un cierto grado de precisión. Fellenius presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte

críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla, la mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de “equilibrio límite” donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie, que consiste en utilizar un cuerpo libre en equilibrio, partiendo de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes que se requieren para producir el equilibrio, calculada esta fuerza resistente, se compara con la disponible del suelo o roca y se obtiene una indicación del Factor de Seguridad. Otro criterio es el de dividir la masa a estudiar en una serie de tajadas, dovelas o bloques y considerar el equilibrio de cada tajada por separado. Una vez realizado el análisis de cada tajada se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos (Suarez 1998).

#### **2.2.16 Seguridad de laderas y degradación superficial**

Los procesos geodinámicas que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diferente magnitud y características, que pueden constituir amenazas, al afectar, de una forma directa o indirecta a las actividades humanas y materiales; fenómenos detonantes como la degradación de suelos, pueden producir deslizamientos y desprendimientos en los taludes, estos movimientos del terreno son el reflejo del carácter dinámico del medio geológico y de la evolución natural del relieve, suele deberse a una combinación de las fuerzas de la gravedad y a otros agentes como la lluvia, pero también pueden ser provocados o desencadenados por el hombre, la mayor parte de los problemas de estabilización por degradación de suelos se produce por incremento de presión de poro, es muy común que existan fuertes

fluctuaciones estacionales en los niveles piezométricos, los daños asociados a un deslizamiento dependen de la velocidad, magnitud y extensión (Alfaya 2 012).

### **2.2.17 Seguridad de laderas y falla de talud**

Es práctica habitual en Ingeniería, estimar la seguridad frente a las condiciones geológicas, mediante el coeficiente de seguridad, que indica de forma determinista la relación entre las fuerzas estabilizadoras y las desestabilizadoras con respecto a una situación de equilibrio límite, el valor elegido para el coeficiente depende del grado de conocimiento de los parámetros de resistencia del terreno. Presión hidrostática, superficies de rotura potenciales y magnitud de las fuerzas externas que actúan sobre el suelo (Velasco 2 001).

### **2.2.18 Análisis de estabilidad de taludes**

Las estabilidades de taludes son analizadas bajo dos categorías:

Procedimiento de bloque o diagrama de cuerpo libre: Donde la masa de suelo es considerada como un cuerpo simple o bloque múltiple, con superficie de deslizamiento circular. Y el método de dovelas.

### **2.2.19 Métodos de análisis de estabilidad**

Se basan en un planteamiento físico matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad. Se pueden agrupar en métodos determinísticos y métodos probabilísticos.

Métodos determinísticos: Conocidos o supuestas las condiciones en que se encuentra un talud, indican si es o no estable. Existen dos grupos: métodos de equilibrio límite y métodos tenso-deformacionales.

#### **2.2.20 Métodos Probabilísticos**

Consideran la probabilidad de rotura de un talud bajo unas condiciones determinadas. Es necesario conocer las funciones de distribución de los diferentes valores considerados como variables aleatorias en los análisis (lo que supone su mayor dificultad por la gran cantidad de datos necesarios, dadas las incertidumbres sobre las propiedades de los materiales), realizándose a partir de ellas los cálculos del factor de seguridad mediante procesos iterativos. Obteniéndose las funciones de densidad de probabilidad y distribución de probabilidad del factor de seguridad, y curvas de estabilidad del talud, con el factor de seguridad asociado a una determinada probabilidad de ocurrencia. La elección del método de análisis más adecuado en cada caso dependerá de: Las características geológicas, geomecánicas de los materiales (suelo o macizos rocosos). De los datos disponibles del talud y su entorno geométrico, geológico, mecánico, hidrogeológicos, etc. Del alcance y objetivos del estudio, grado, detalle y resultados que se espera obtener.

A continuación, se muestra un esquema en donde se aprecia los métodos de cálculo de estabilización de taludes (Gonzales 2 002)

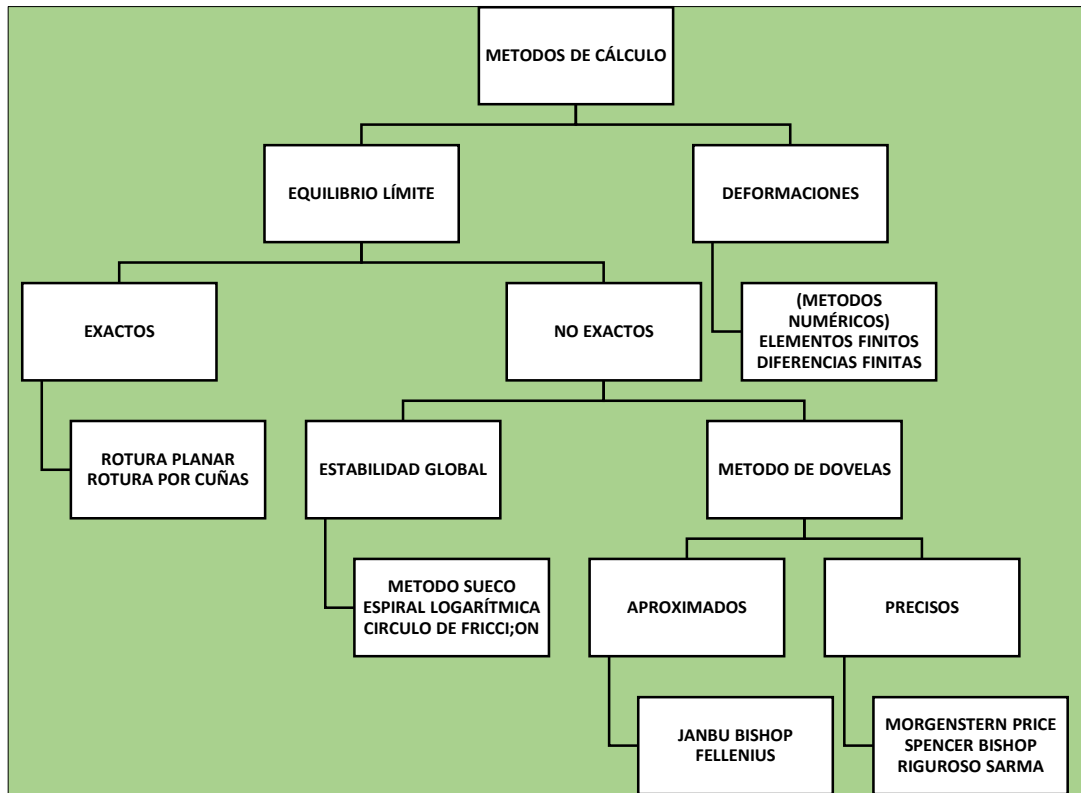


Figura 4. Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Fuente: Gonzales 2 002.

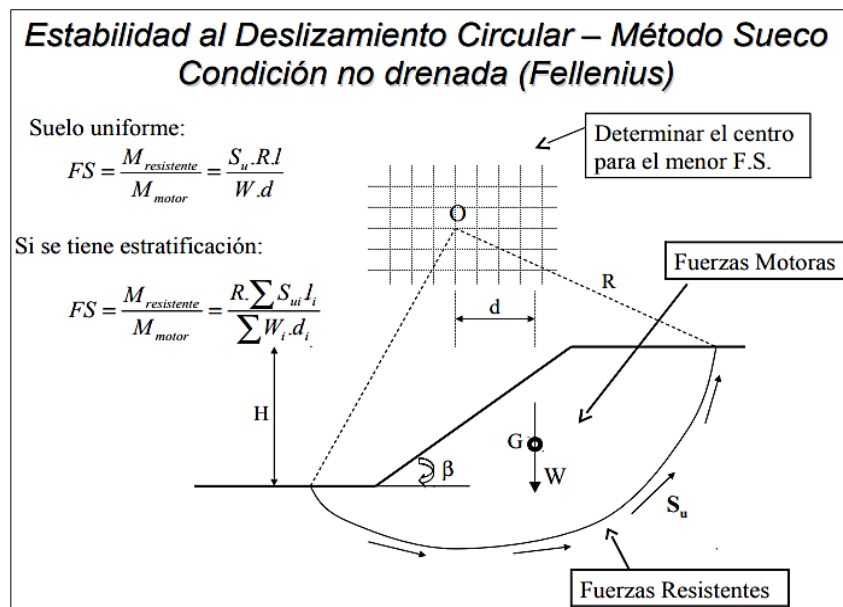
### 2.2.21 Método de Equilibrio Límite

Es empleado durante el diseño o a posteriori de un talud que ha fallado. El diseño requiere de un factor de seguridad en términos de esfuerzo cortante y esfuerzo disponible. Cuando un talud ha fallado, es implícito asumir que el factor de seguridad es la unidad, el esfuerzo cortante se estima por el promedio que existe a lo largo del plano de falla, la forma y mecanismo de la superficie de un deslizamiento son semejantes a una superficie de deslizamiento circular. La resistencia al cortante a lo largo del plano de deslizamiento requiere mantener el equilibrio estático (Braja 2 011).

### 2.2.22 Método de dovelas

En la mayoría de métodos se asume que la falla de talud a lo largo de la superficie de deslizamiento es circular, el suelo sobre la superficie de deslizamiento es dividido dentro de un número de rebanadas o dovelas, encerrados por interfaces verticales. El esfuerzo de corte en la superficie de falla, tiene el factor de seguridad más pequeño con el máximo esfuerzo cortante posible. El factor de seguridad, es el mismo en todas las rebanadas y común en todos los métodos, todos establecen condiciones de equilibrio estático en el eje x e y, con la ecuación de equilibrio de momentos con respecto al centro del círculo para su solución (Verrujt 2 006).

La masa de suelo se divide en rebanadas o elementos verticales, luego se analiza las condiciones de equilibrio con las fuerzas que intervienen en cada dovela, este método por lo general, se utiliza para ser analizadas superficies de deslizamiento circulares (Braja 2 011).



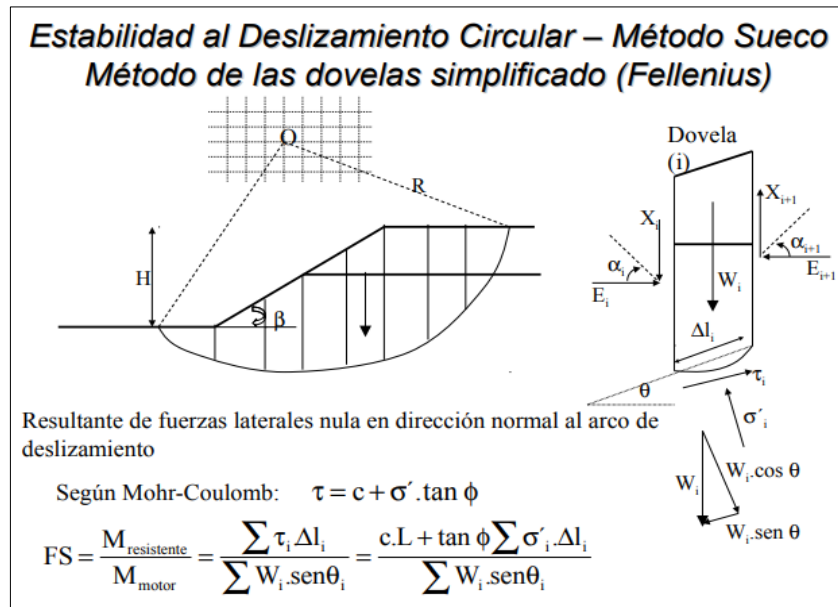


Figura 5. Método de dovelas  
Fuente: Venkatramaiah 2 006.

### 2.2.23 Métodos numéricos y aplicaciones del computador

El auge que ha tomado en los últimos años el uso del computador prácticamente, ha obligado a su empleo para el análisis de estabilidad de taludes, en la mayoría de los casos este sistema ha permitido incorporar más información en los modelos de análisis y permite analizar situaciones que no eran posibles con los sistemas manuales. Actualmente se conocen programas comerciales de software para computador, tales como el SLIDE, el cual permite de una forma rápida y sencilla obtener los factores de seguridad de taludes o laderas con cierto grado de complejidad y por cualesquiera de los métodos de análisis (Suarez 1 998).

### 2.2.24 Permeabilidad

Facilidad con que el agua puede fluir a través de los poros y discontinuidades de un suelo o macizo rocoso (Norma CE 020 2 012).

### **2.2.25 Coeficiente de permeabilidad**

La facilidad con que el suelo fluye a través de un material se le denomina con el nombre de permeabilidad y el parámetro que permite cuantificar este fenómeno se le llama coeficiente de permeabilidad y su símbolo es la letra K. La permeabilidad depende del tamaño de los vacíos o poros, es alta en las gravas y baja en las arcillas (Suarez 1 998).

### **2.2.26 Infiltración**

Se define como el movimiento del agua desde la superficie del terreno hacia el suelo o roca por los poros o intersticios y discontinuidades de la masa térrea. El porcentaje de infiltración corresponde a la proporción de lluvia que se infiltra. Puede dividirse entre aquella parte que contribuye a aumentar el contenido de agua de la zona no saturada y aquella que recarga el sistema saturado de agua subterránea. La lluvia sobre la superficie de la tierra puede conducir a dos condiciones diferentes de frontera:

Superficie del talud inundada. La intensidad de la lluvia en este caso es mayor que la cantidad de agua que puede infiltrarse dentro de la tierra. Por lo tanto, solamente parte de la lluvia se infiltra y el resto se convierte en escorrentía. En este caso, la condición de frontera es que la succión en la superficie del terreno es igual a 0% equivalente a la saturación del suelo 100%.

Infiltración controlada. La intensidad de la lluvia es menor que el flujo máximo de agua que se puede infiltrar en el talud (Suarez 1 998).

### **2.2.27 Nivel freático**

La localización del nivel freático corresponde a la línea de presión de poros igual a cero, equivalente a que la presión neta en el sitio es igual a la presión atmosférica. El nivel de agua determina los niveles de presiones hidrostáticas sobre una superficie



localizada por debajo de ese nivel o los valores de presión negativa o de succión para el suelo por encima del nivel. En taludes naturales de laderas, la línea de nivel freático general sigue una línea aproximadamente paralela a la superficie del terreno y esta sube por recargue debido a la filtración.

El agua subsuperficial puede dividirse entre zonas de presión de poros positiva y negativa. Las presiones de poro positivas son superiores y las negativas son inferiores a la presión atmosférica. La línea divisoria es el nivel freático donde la presión es igual a la presión atmosférica, la cual se designa como presión cero. Por debajo del nivel freático el suelo se encuentra saturado, lo cual equivale a que el agua llena todos los poros de los suelos y todas las cavidades de los materiales infrayacentes. El agua existente en la zona de saturación se designa por lo general como agua freática y su superficie superior es el nivel freático (Suarez 1 998).

#### **2.2.28 Succión**

La succión es un término muy utilizado para explicar el comportamiento de los suelos no saturados y la presencia de presiones de poro negativas.

La succión según Freedlund (1 995), está compuesta de dos elementos básicos: la succión matricial y la succión osmótica.

La succión matricial se define como la diferencia entre la presión del aire y la presión de poros, y la presión osmótica depende de las características químicas del fluido en los poros (Suarez 1 998).

#### **2.2.29 Presión de poros**

La presión de poros es la presión interna del agua de saturación. La presión de poros dentro del suelo depende de la localización de los niveles freáticos, presiones internas de los acuíferos y las características geológicas del sitio. La presión de poros varía de

acuerdo a las variaciones del régimen de aguas subterráneas. Los incrementos de presión pueden ocurrir rápidamente en el momento de una lluvia, al aumentar la tasa de infiltración del área tributaria, etc. Un incremento en la presión de poros positiva o una disminución de la presión negativa, equivale a una reducción de resistencia al cortante y de la estabilidad (Suarez 1 998).

### **2.2.30 Erosión hídrica**

La erosión hídrica es un fenómeno ocasionado por acción de fuerzas hidráulicas, las cuales actúan sobre las partículas de suelo produciendo su desprendimiento y posterior transporte. El proceso inicia con el despegue de las partículas del suelo, debido al impacto de las gotas de lluvia. Adicionalmente, ocurre el proceso de flujo superficial en el cual las partículas removidas son incorporadas a la corriente y transportadas talud abajo. Si la “velocidad” de escorrentía es superior a la velocidad máxima erosionante, se produce erosión superficial. La velocidad de escorrentía depende de la pendiente, la intensidad de la lluvia, la cantidad de agua presente y la rugosidad de la superficie del terreno. Si el gradiente hidráulico interno es alto se puede producir transporte intenso de partículas, produciéndose pequeños conductos que al ampliarse desestabilizan el talud. (Suarez 1 998).

### **2.2.31 Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE)**

La USLE corresponde al resultado de múltiples esfuerzos teóricos y de campo incentivados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (U.S. Department of Agriculture USDA), en la primera mitad del siglo 20. Los estudios fueron compilados por los investigadores Walter Wischmeier y Dwight Smith, Wischmeier y Smith (1978) condujeron a la formulación del modelo de predicción de

pérdida de suelo. Esta investigación para la predicción de erosión de suelos se consolidó en un esfuerzo cooperativo que tenía por objeto superar muchas de las desventajas inherentes a los proyectos de investigación local o regional. Se compilaron datos de investigación de la erosión en las 8 250 parcelas de 36 localidades de EEUU. Se hizo una reevaluación de los diversos factores que afectan la pérdida de suelo, en la denominada ecuación universal de pérdida de suelo (Mancilla 2008). La cual es representada por:

$$A=R * K * L * S * C *P \quad \text{(Fórmula 5)}$$

Dónde:

A: Pérdida media anual de suelo expresado en t/ha/año.

R: Erosividad de la lluvia medido en MJ\*cm/ha\*h

K: Erodabilidad del suelo expresado en t\*ha\*h/MJ\*ha\*cm

L: Longitud de la pendiente en metros.

S: Pendiente en m/m

C: Cubierta vegetal y manejo del recurso, sin unidades de medida.

P: Prácticas de conservación aplicada, sin unidades de medida.

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Talud**

Perfil natural que sigue un suelo en contacto con la superficie libre o atmósfera, y ese perfil no es horizontal (Norma CE 020 2 012).

### **2.3.2 Deslizamientos**

Movimiento de talud abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre

predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Norma CE 020 2 012).

### **2.3.3 Fallas de talud**

Cuando la falla ocurre de tal manera que la superficie de deslizamiento intersecta al talud arriba de su pie, se denomina falla de pie si esta pasa por su el y cuando la falla ocurre debajo del pie, se llama falla profunda (Braja 2 011).

### **2.3.4 Falla circular de talud**

Son taludes que se rompen a favor de superficies curvas sin llegar al pie de talud, cuando está formado por terrenos homogéneos o por varios estratos de propiedades geotécnicas homogéneas (Gonzales 2 002).

### **2.3.5 Seguridad de laderas**

Evaluación del factor de seguridad de un talud  $FS < 1.5$  metodo estático y  $FS < 1.25$  método sísmico. Son considerados inestables (Norma CE 020 2 012).

### **2.3.6 Estabilidad de taludes**

Proceso en el que se evalúan cuantitativamente la Interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud (Norma CE 020 2 012).

### **2.3.7 Degradación superficial**

Viene a ser el peso en tierra transportado por unidad de superficie y tiempo. Tiene su origen en la acción del agua sobre suelos susceptibles por presentar la superficie desprovista o con escasa cobertura vegetal, es el más importante de todos los procesos de desertificación dado que es irreversible y de gran magnitud (Yapur 2 010).

## CAPÍTULO III

### 3.0 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Metodología

##### 3.1.1 Ubicación

La investigación se realizó en la zona de Urubamba en un área de 44,52 has., al nor – oeste (NO) de la ciudad de Cajamarca, entre las coordenadas UTM (Universal transversal de Mercator) WGS 84:

Tabla 1. Coordenadas UTM del área de estudio.

VERTICE	LATITUD	LONGITUD
V1	9 208 006,00	772 963,00
V2	9 207 849,00	772 254,00
V3	9 207 546,65	771 919,95
V4	9 207 531,81	773 258,51

Tabla 2. Coordenadas UTM de las calicatas

COORDENADAS UTM DE LAS CALICATAS DEL SECTOR URUBAMBA						
CALICATAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6
ESTE	772 794,00	772 452,00	772 219,00	772 220,00	772 623,00	772 89300
NORTE	9 207 890,00	9 207 816,00	9 207 760,00	9 207 621,00	9 207 614,00	9 207 726,00

Tabla 3. Coordenadas UTM de la parcela piloto

COORDENADAS UTM DE LA PARCELA PILOTO				
CALICATAS	P1	P2	P3	P4
ESTE	772 186,00	772 139,00	772 096,00	772 142,00
NORTE	9 207 661,00	9 207 669,00	9 207 635,00	9 207 618,00

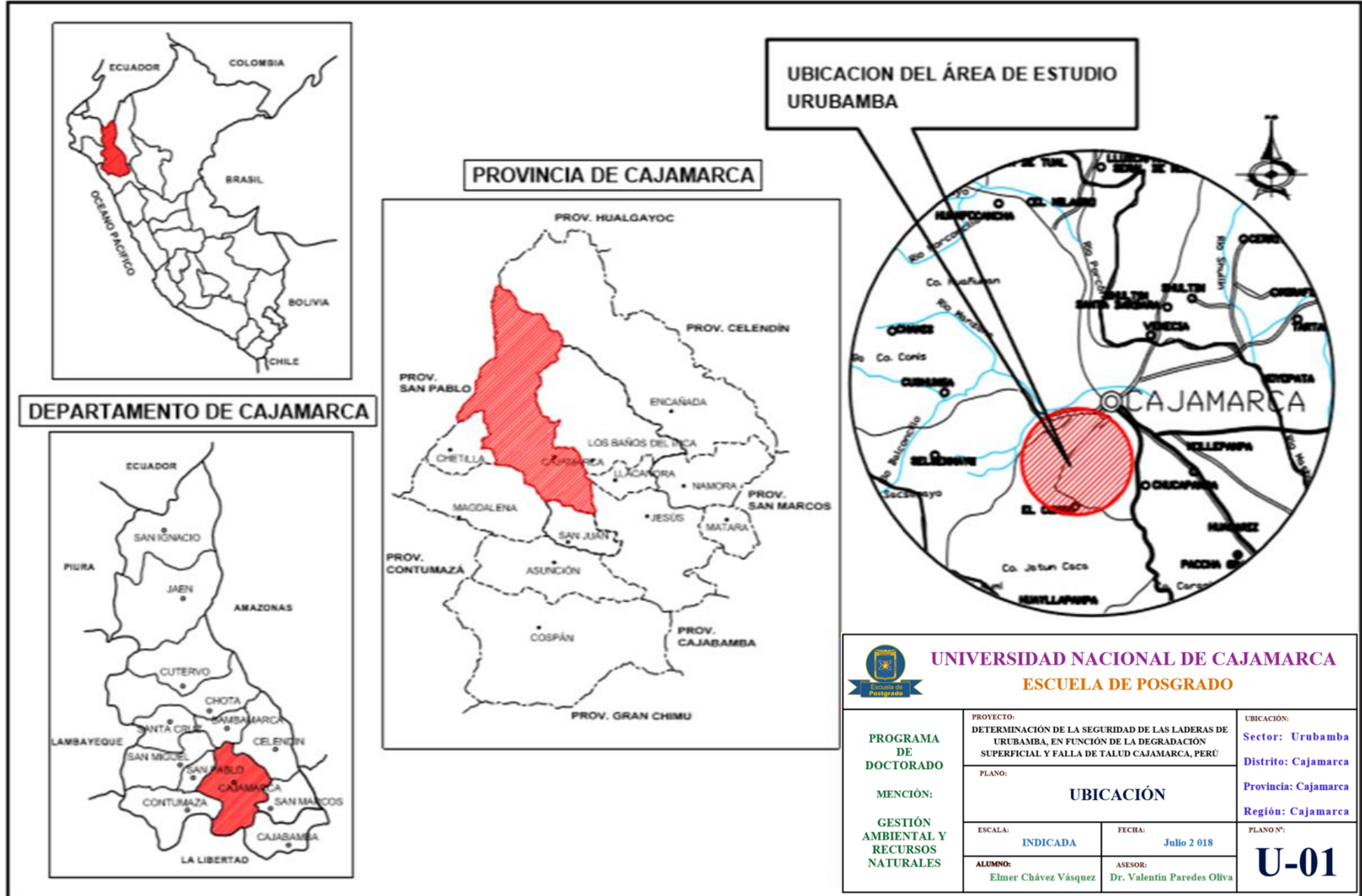


Figura 6. Ubicación de la zona de estudio

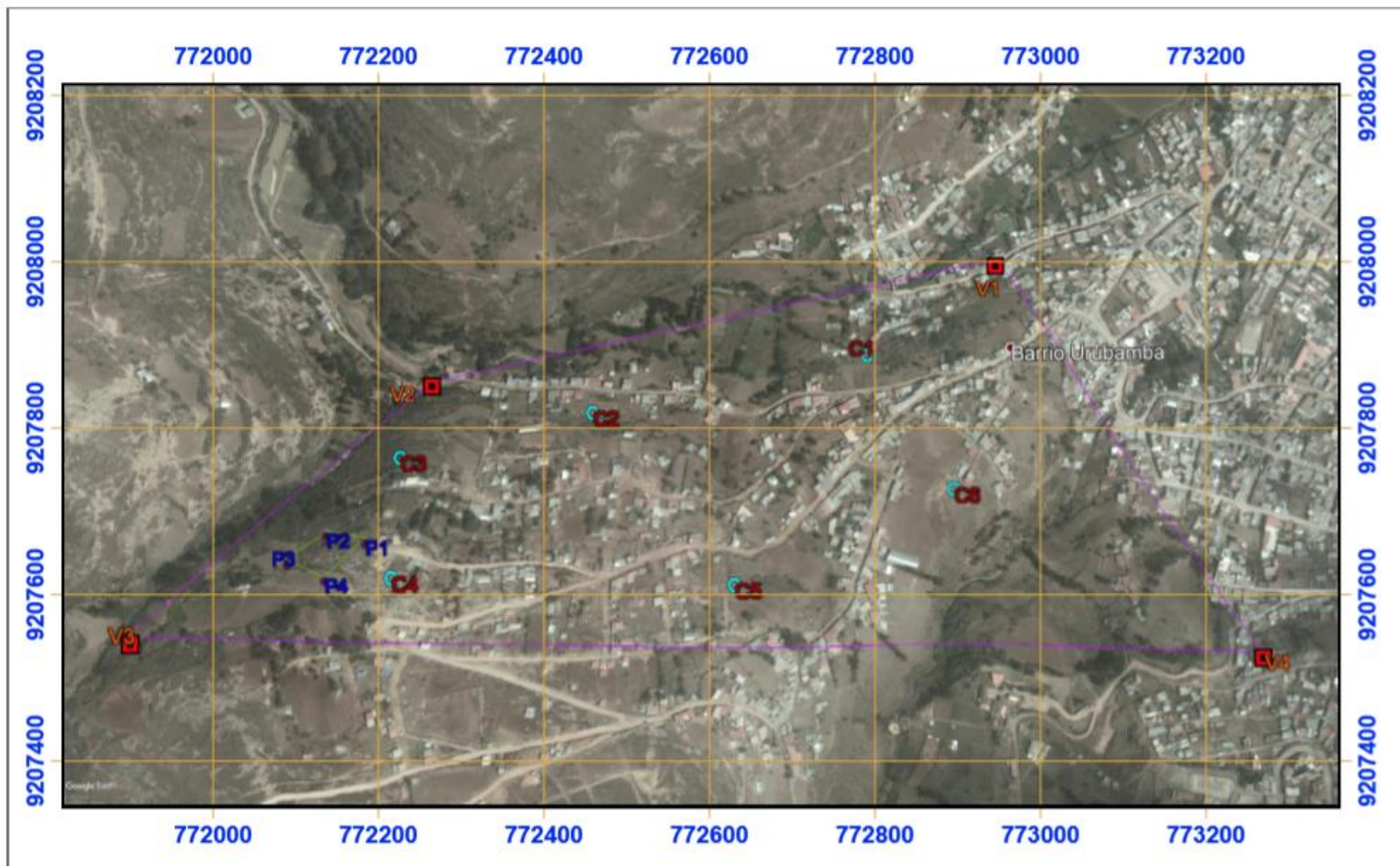


Figura 7. Ubicación de las calicatas y parcela piloto en el sector Urubamba - Cajamarca



### 3.1.2 Accesibilidad

La zona de estudio presenta varios accesos desde Cajamarca, las principales rutas asfaltadas y/o afirmadas se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Accesibilidad Lima – Cajamarca

Acceso	Estado
Lima - Cajamarca 850,66 Km	Carretera asfaltada
Cajamarca – Urubamba 1,5 Km	Carretera afirmada

Fuente: Evaluación geotécnico-ambiental del deslizamiento Ronquillo en la ciudad de Cajamarca, 2 014.

### 3.1.3 Clima

La Ciudad de Cajamarca tiene un clima típico de la sierra norte del país de tipo sub- húmedo con temperaturas que varían entre los 25°C y 0°C, con un promedio anual de 14°C; con precipitaciones pluviales variables durante el año. Las precipitaciones mínimas se presentan en los meses de mayo a setiembre y las máximas entre los meses de enero a marzo, con un promedio anual de 800 mm., presentando además una humedad relativa del 65% (Mapa de peligros de la ciudad de Cajamarca, 2 005).

### 3.1.4 Geología

El área de estudio, está constituido por tres grandes bloques litológicos. Las rocas volcánicas del terciario, se distribuyen siguiendo un eje SO hacia el NE, recubriendo aproximadamente un 15% de superficie y están constituidas por rocas andesíticas y areniscas rojizas, continuadas secuencialmente por tobas mayormente traquíticas de color beige.



Las rocas sedimentarias tienen un rango crono estratigráfico desde el cretáceo inferior hasta el cretáceo superior, recubriendo una gran parte del área, aproximadamente un 36% del total local. Es una secuencia consistente de areniscas y cuarcitas con intercalaciones de horizontes lutáceos y calcáreos delgados, denotando facies intermitentes de la cuenca geosinclinal.

La litología más persistente son los depósitos cuaternarios semi consolidados a no consolidados, que cubren un área mayor del 51% del total y están ubicados hacia el sur, este y noreste de la cuadrícula, sirviendo de base de cimentación de la ciudad de Cajamarca.

Estos depósitos se encuentran en una secuencia estratigráfica, infra yaciendo los depósitos morrénicos y fluvio-glaciáricos, hasta encontrar en las partes superficiales los depósitos fluviales modernos (Mapa de peligros de la ciudad de Cajamarca, 2 005).

### **3.1.5 Recursos minerales**

A 6 Km. nor oeste de la zona de Urubamba se encuentra el proyecto minero Colpayoc, de la empresa Australiana Wild Acres Metals La propuesta de la empresa minera incluye la tenencia de 681 Has que albergan aproximadamente 313 000 onzas de oro (Declaración de impacto ambiental proyecto Colpayoc, 2 009).

### **3.1.6 Geomorfología**

Se destaca la fuerte presencia de unidades de carácter agradacional deposicional (GAD), y las unidades de montañas y colinas (GMC m-e), frente a las demás geoformas. También se notan geoformas menores tales

como laderas de depósitos coluviales y terrazas aluviales, determinadas principalmente por los efectos de la erosión y pendiente (MPC 2 014).

### **3.1.7 Vegetación**

Las especies que habitan tienen una elevada adaptación para soportar las bajas temperaturas y el efecto de acumulación del granizo o escarcha de las primeras horas de la mañana, los fuertes vientos del atardecer y la alta radiación del medio día. Son especies características y endémicas de la zona como *Laccopetalum giganteum*, *Ascidiogyne sanchezvegae*, *Calceolaria caespitosa*, *Calceolaria percaespitosa*, *Chuquiraga oblongifolia*, *Jalcochila peruviana*, *Luciliocline plicatifolia* y *Nicotiana thyrsoiflora*.

No obstante, este aspecto la vegetación posee una estratificación vertical en la que se distinguen hasta tres estratos:

- Estrato de plantas enraizadas al suelo, conformado por líquenes, musgos, hepáticas y las pequeñísimas plantas de *Lysipomia spp.*
- Estrato de plantas acaules con hojas en roseta e inflorescencia sésil (*Paranephelius spp.*, *Werneria nubigena*), más arbustos con tallos postrados (*Baccharis caespitosa*) y herbáceas rizomatosas (*Ascidiogyne sanchezvegae*). Este estrato puede alcanzar de 7-10 cm. de alto.
- El estrato de gramíneas macollantes altas y herbáceas dicotiledóneas erguidas. Este es el estrato que conforma la mayor biomasa y puede alcanzar de 0,80-1,20 m. de alto (Diagnóstico socioecológico en la Microcuenca el Ronquillo, 2 008).

### **3.1.8 Edafología**

El suelo generalmente es una capa delgada no consolidada sobre roca duro y/o blanda, con una potencialidad muy limitada para cultivos arbóreos o para pastos. Según la clasificación FAO corresponden a la asociación Regosoles fríos – Leptosoles (Plan de Ordenamiento Ambiental de la cuenca del río Jequetepeque – INRENA 2 004).

### **3.1.9 Hidrología**

Constituye los drenajes por donde discurren las aguas pluviales en las estaciones lluviosas. El sistema de flujo es mayormente dendrítico en las partes altas de las estribaciones, este drenaje se inicia con la quebrada Urubamba y tres ríos, los cuales forman el río Urubamba, en seguida se unen con el río Ronquillo y el río San Vicente, los que pasan a ser afluentes del río San Lucas, luego siguiendo la dirección oeste-este, van a parar a la desembocadura del río Mashcón, para en seguida entregar sus aguas al río Cajamarquino, posteriormente al río Criznejas, río Marañón, río Amazonas hasta su desembocadura en el océano Atlántico. Las nacientes fluviales son torrentes muy erosivos, especialmente en la sección lateral y de fondo, constituyéndose en agentes transportadores de materiales, para luego continuar con un proceso de sedimentación, las cuales coinciden con la parte este y suroeste de la ciudad de Cajamarca. Los materiales transportados son mayormente sedimentos arenosos a gravas finas de cuarzo, feldespatos y micáceos, resultados de la erosión de las formaciones cretáceas y volcánicas del terciario (MPC 2 014).

### **3.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es descriptiva no experimental.

Se considera investigación descriptiva, porque mide y evalúa en forma precisa varias categorías de una muestra definida.

Es no experimental, puesto que no se manipulan las variables: Seguridad de las laderas, degradación superficial y falla de talud, centrándonos en el análisis sobre efecto en la estabilidad de las laderas.

### **3.3 Método de investigación**

Se utilizó el método Inductivo, puesto que, a partir de un hecho particular, producto de las observaciones y el análisis, se ha generalizado la conclusión mediante expresiones.

### **3.4 Diseño de la investigación**

En el desarrollo de la investigación se ha seguido las siguientes etapas, a fin de alcanzar el objetivo propuesto:

#### **3.4.1 Etapa de campo**

Para esta investigación se escogió en el sector Urubamba, seis áreas que se encontraron con grietas de tensión, las que correspondieron a fallas rotacionales de superficie, propias de suelos arcillo limosos, luego se abrieron calicatas de hasta 2 m. de profundidad, donde se obtuvo diferentes muestras de suelos, las cuales fueron extraídas debidamente codificadas en bolsas de plástico, completamente selladas (Fig. 6).

### **3.4.2 Etapa de laboratorio**

Todos los ensayos estuvieron basados en las normas ASTM (American Society for Testing Materials) contenido de humedad ASTM D 2216, peso unitario ASTM D 854, límite líquido ASTM D 4318, límite plástico ASTM D 4319, clasificación de suelos SUCS ASTM 2487, clasificación de suelos AASHTO ASTM D 3282, análisis granulométrico ASTM D 422, ensayo triaxial ASTM D 2850, y el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, una vez extraídas las muestras de los diferentes estratos de las calicatas seleccionadas, fueron llevadas al laboratorio de suelos, donde se pesaron, secaron, siendo tamizadas y sometidas a presiones de carga-deformación, siguiendo los protocolos para cada ensayo (Apéndice C: Mecánica de suelos).

### **3.4.3 Etapa de gabinete**

Para encontrar el esfuerzo de corte o cortante, se utilizó los valores obtenidos en el laboratorio de suelos, a partir de una muestra inalterada extraída de la calicata, cuyo diámetro promedio es de 4,00 cm y una altura promedio de 8,00 cm, luego se colocó en la máquina triaxial, sometiéndola a la acción de una carga vertical y a una presión lateral por acción del agua introducida, el esfuerzo mínimo que provocó la primera deformación, así como los esfuerzos posteriores hasta lograr la falla respectiva fueron dibujados en un sistema de ejes coordenados, donde en el eje de las abscisas se dibujaron los esfuerzos normales inducidos y en el eje de las ordenadas los esfuerzos cortantes, una vez dibujados a escala el esfuerzo mínimo que provocó las primeras deformaciones así como los esfuerzos posteriores hasta llegar al esfuerzo último que provocó la falla, se trazó una recta tangente a las circunferencias que representa la envolvente de

esfuerzos, esta corta al eje de las ordenadas, la longitud que partiendo del origen viene a ser la cohesión entre partículas del suelo y el ángulo de la tangente, es el ángulo de fricción interna; la ecuación de la recta tangente pertenece a la famosa ecuación de Moor-Coulomb  $\tau = c + \sigma \tan\varphi$ , donde  $\tau$  es el esfuerzo de cortante,  $c$  es la cohesión entre partículas,  $\sigma$  es el esfuerzo normal a la muestra, y  $\varphi$  es el ángulo de fricción interna (Apéndice C: Mecánica de suelos-ensayo triaxial), luego encontramos el peso volumétrico del suelo, a partir de la relación entre el peso y el volumen de la muestra que ocupa (Apéndice C: Mecánica de suelos-peso volumétrico), con estos valores calculamos el factor de seguridad, que relaciona el esfuerzo cortante que trata de conservar la unión entre partículas, con el esfuerzo cortante que provoca la rotura, iterativamente se efectúa el cálculo en forma manual y se comprueba al modelarlo mediante el software SLIDE v 8.0 hasta encontrar el factor de seguridad, el cual debe ser mayor o igual a 1,5 por el método estático o mayor o igual a 1,25 por el método pseudoestático (Apéndice E: Falla de talud).

Los valores del contenido de humedad peso específico, la granulometría, clasificación de suelos, límites de consistencia, fueron obtenidos siguiendo las relaciones entre sus componentes a partir de los datos de laboratorio según protocolo (Apéndice C: Mecánica de suelos).

El valor de la degradación del suelo se consiguió utilizando la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS), a partir de las precipitaciones registradas en la estación Hidrometeorológica "El Ronquillo", para el tratamiento estadístico se utilizó la metodología de Gumbel, con el fin de

encontrar la intensidad en mm/h, para una lluvia de 30 minutos de duración y un periodo de retorno de dos años, según EUPS esta viene a ser la que ocasiona el mayor desgaste de la capa superficial, provocando pérdida de la materia orgánica, por acción de la energía de impacto de las gotas de lluvia, así como de la esorrentía, al descubrirse la capa externa del suelo esta pierde su sello impermeabilizante, las raíces de las plantas reducen la acción de uncido, permitiendo la percolación hacia los estratos internos, lo que ocasiona la alteración de las propiedades físico mecánicas del suelo, reduciendo la capacidad del esfuerzo cortante de soportar cargas debido a la presencia de agua, provocando deslizamientos de las laderas en este caso del sector Urubamba.

La metodología de Gumbel calcula valores extremos máximos y mínimos, a partir de una distribución de datos normal como los de precipitaciones, se ha utilizado los registros horarios de cada día de la estación "El Ronquillo", cuyos valores datan desde el año 2 008, año en el que el SENAMHI instaló la estación Hidrometeorológica en el lugar denominado El Ronquillo, luego construimos la gráfica Intensidad, Duración, Frecuencia de donde hallamos la Intensidad para 30 minutos y para un periodo de retorno de dos años (Apéndice D: Ecuación Universal de Pérdida de suelos-Tratamiento hidrológico).

Con el valor de la Intensidad de la lluvia en mm/hr se procedió a encontrar el valor de la degradación del suelo, haciendo uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo de Wischmeier y Smith, donde se encontró cada uno de los factores K, L, S, C, P que conforman la fórmula, ponderando según

las tablas 11, 12 y 13 correspondientes (Apéndice D: Ecuación Universal de Pérdida de suelos-EUPS).

Una vez obtenidos el esfuerzo de cortante, el peso unitario, la cohesión, el ángulo de fricción interna y utilizando la técnica del equilibrio límite, se encontró el factor de seguridad por cada talud, determinando la seguridad o inseguridad de las laderas de Urubamba (Apéndice E: Falla de talud).

Para contrastar la hipótesis se utilizó la correlación de Pearson, con la finalidad de encontrar una relación entre la degradación y la seguridad de las laderas de Urubamba (Fig. 9 y 10).

### **3.5 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación**

La cantidad de análisis de estabilidad de laderas se determinaron de acuerdo al número de deslizamientos obtenidos del estudio de investigación de (Lagos 2014), en su estudio Modelamiento de la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad en los terrenos de las zonas Urubamba y tres ríos, Cajamarca - Perú, en donde consideró 68 fenómenos de remoción de masas, de los cuales 23 fueron deslizamientos, entre traslacionales y rotacionales, de estos hemos considerado 6 análisis de deslizamientos rotacionales para nuestro estudio, cuya clasificación corresponde al muestreo no probabilístico del tipo intencional o por conveniencia, eligiendo los deslizamientos a través de un muestreo aleatorio simple.

Población: 23 deslizamientos.

Muestra: 6 deslizamientos rotacionales.

Las unidades de observación esta compuesto por las áreas donde se presentan grietas de tensión en la zona de Urubamba, indicadoras de posibles deslizamientos rotacionales y Las unidades de análisis viene a ser los deslizamientos producidos.



### 3.6 Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Como instrumentos de recopilación de información se utilizó los siguientes:

**La observación:** A partir de la apreciación en campo de las fallas de tensión presentadas actualmente, debido a que los deslizamientos producidos en el pasado se han estabilizado, provocando una consolidación del suelo, inclusive han crecido diversos vegetales en la superficie, luego a través de una evaluación técnica se eligió a los seis puntos en donde se construyeron las respectivas calicatas.

**Ensayos de laboratorio:** En cada estrato de las calicatas seleccionadas se sacaron muestras y se llevaron al laboratorio de Mecánica de Suelos, luego con la ayuda de los protocolos se determinaron las propiedades físico mecánicas como peso unitario, contenido de humedad, límites de consistencia, y el esfuerzo de corte. Entre las técnicas de recopilación de información tenemos la revisión bibliográfica, uso de fichas, modelamientos, fotografías, entrevistas a los pobladores (Apéndice F: Fichas).

### 3.7 Variables y operacionalización de variables

**Hipótesis:** Las laderas en la zona de Urubamba - Cajamarca, Perú, son inseguras por degradación superficial y falla rotacional de talud.

<b>INDEPENDIENTE</b>	Degradación superficial y falla de talud
<b>DEPENDIENTE</b>	Seguridad de las laderas de Urubamba

La operacionalización de variables se resume en la siguiente figura:

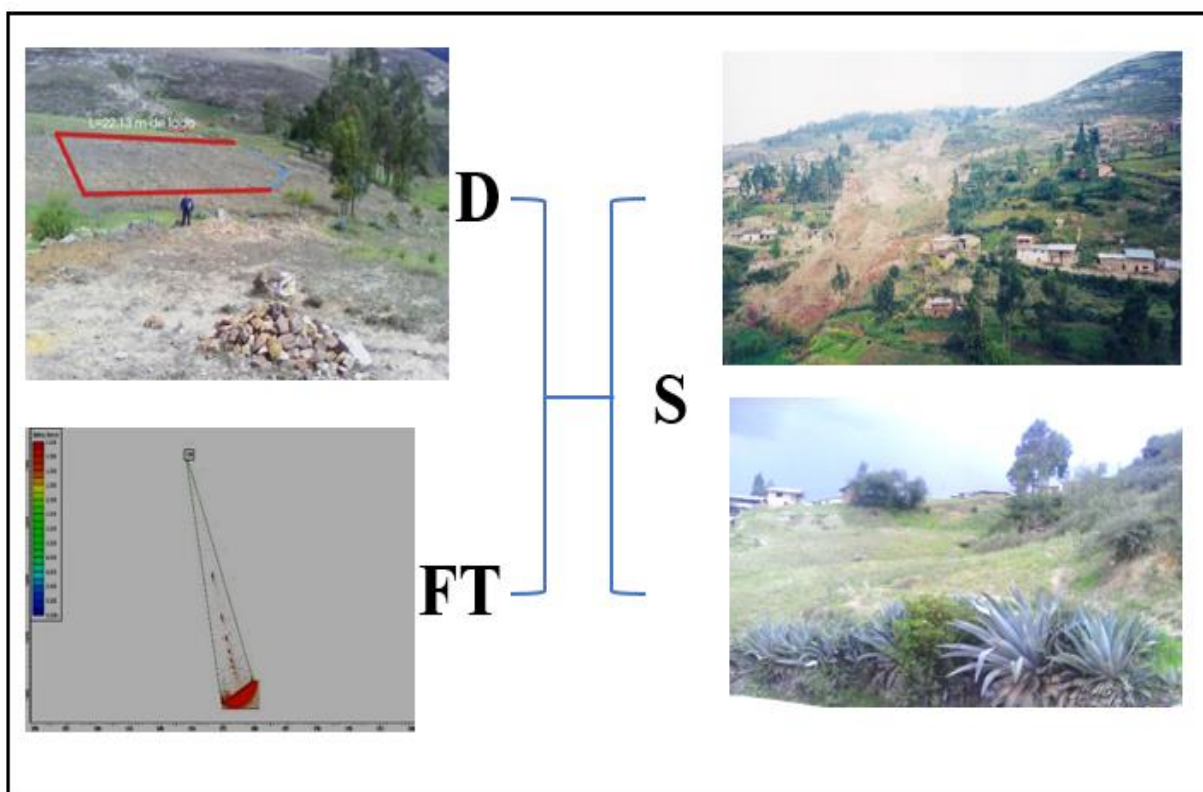


Figura 8: Operacionalización de variables

Donde:

D: Degradación del suelo.

FT: Falla de talud.

S: Seguridad de las laderas de Urubamba.

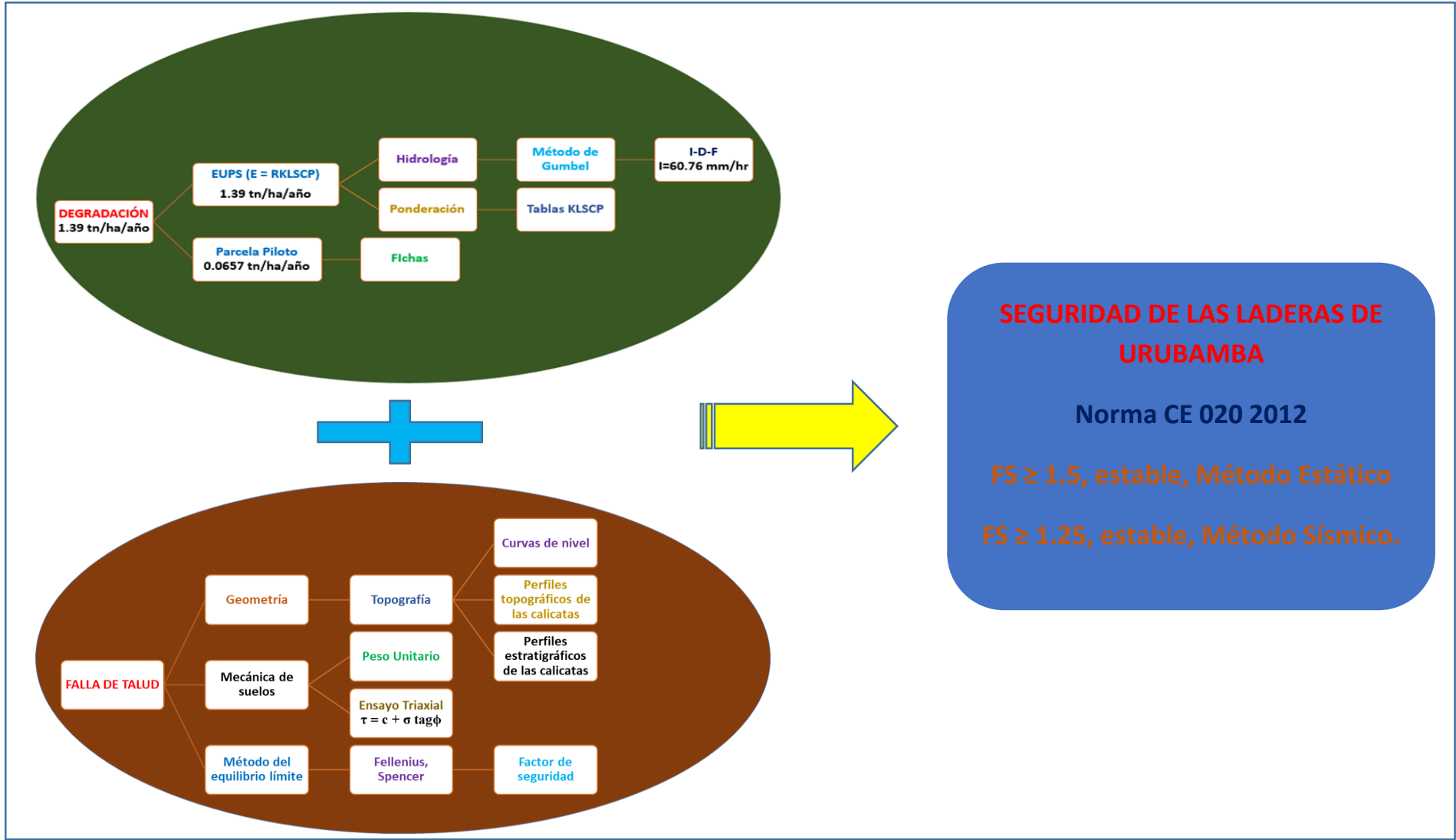


Figura 9: Mapa conceptual entre los diversos factores de las variables Dependiente e Independiente.

Tabla 5. Operacionalización de las variables de las hipótesis

DETERMINACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS LADERAS DE URUBAMBA, EN FUNCIÓN DE LA DEGRADACIÓN SUPERFICIAL Y FALLA DE TALUD CAJAMARCA, PERÚ					
HIPÓTESIS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES			
		VARIABLES	FACTORES	CUALIDADES	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Las laderas en la zona de Urubamba - Cajamarca, Perú, son inseguras por degradación superficial y falla rotacional de talud	<b>Estado de seguridad</b> Condición de estabilidad o inestabilidad de una ladera	Factor de seguridad	Método estático  Método sísmico	FS $\geq$ 1,5 (Método estático)  FS $\geq$ 1,25 (Método dinámico)	Ficha documental Norma CE 020 Estabilización de suelos y taludes
	<b>Degradación</b> Desgaste de la capa superficial del suelo debido a la precipitación pluviométrica	Degradación	Ecuación Universal de Pérdida del Suelo	Peso / ha / año	Ficha Parcela piloto y EUPS
		Inestabilidad de laderas	Esfuerzo de corte ( $\tau$ , S)	Fuerza / Área	Ficha de gabinete
	Peso unitario		Peso / Volumen	Ficha Laboratorio	
	Cohesión		Adherencia	Ficha de gabinete	
	Presión de poros		Precipitación	Registro SENAMHI	
			Permeabilidad	Ficha de laboratorio	
	<b>Falla de Talud</b> Disminución de la resistencia al esfuerzo de cortante	Ángulo de fricción	Gráfica Mohr-Coulomb	Ficha de gabinete	

### **3.8 Contrastación de la hipótesis**

#### **3.8.1 Formulación de la hipótesis**

$H_0$ : Hipótesis nula

$H_0$ : Las laderas en la zona de Urubamba – Cajamarca, Perú, son estables por degradación superficial y falla rotacional de talud

$H_a$ : Hipótesis alterna ó hipótesis de investigador

$H_a$ : Las laderas en la zona de Urubamba – Cajamarca, Perú, son inestables por degradación superficial y falla rotacional de talud

#### **3.8.2 Nivel de significancia**

5% = 0,05; nivel de confianza 95 %.

#### **3.8.3 Elección de la prueba estadística**

Correlación de Pearson

#### **3.8.4 Estimación del p-valor y toma de decisión:**

La correlación de Pearson es -0,668, indica que la degradación tiene una buena correlación inversa [-0,6 ; -0,8] con la seguridad de las laderas de Urubamba, es decir, sí aumenta la degradación de los suelos entonces disminuye la seguridad de las laderas,  $FS < 1,5$  laderas inestables (Método estático).

$P = 0,015 < 0,05$  (grado de significancia 5% ó nivel de confianza de 95%), entonces se rechaza la hipótesis nula y se elige la hipótesis alterna (Método estático).

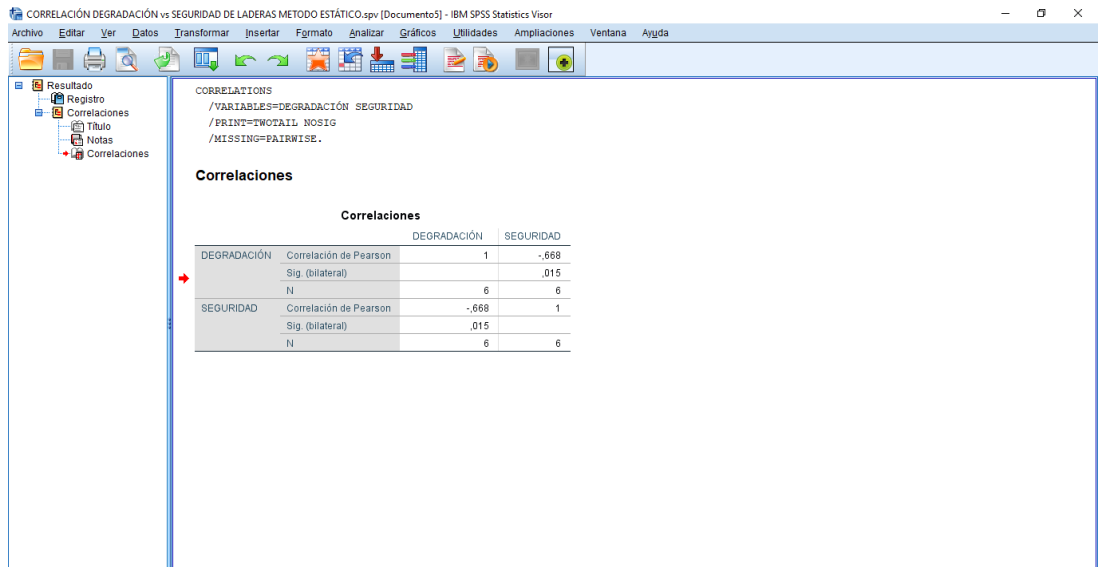


Figura 10. Correlación de Pearson método estático

La correlación de Pearson es -0,672, nos indica que la degradación tiene una buena correlación inversa [-0,6 ; -0,8] con la seguridad de las laderas de Urubamba, si aumenta la degradación de los suelos entonces disminuye la seguridad de las laderas,  $FS < 1,25$  laderas inestables (Método sísmico).

$P = 0,014 < 0,05$  (grado de significancia 5% ó nivel de confianza de 95%), entonces rechazamos la hipótesis nula y se elige la hipótesis alterna (Método sísmico).

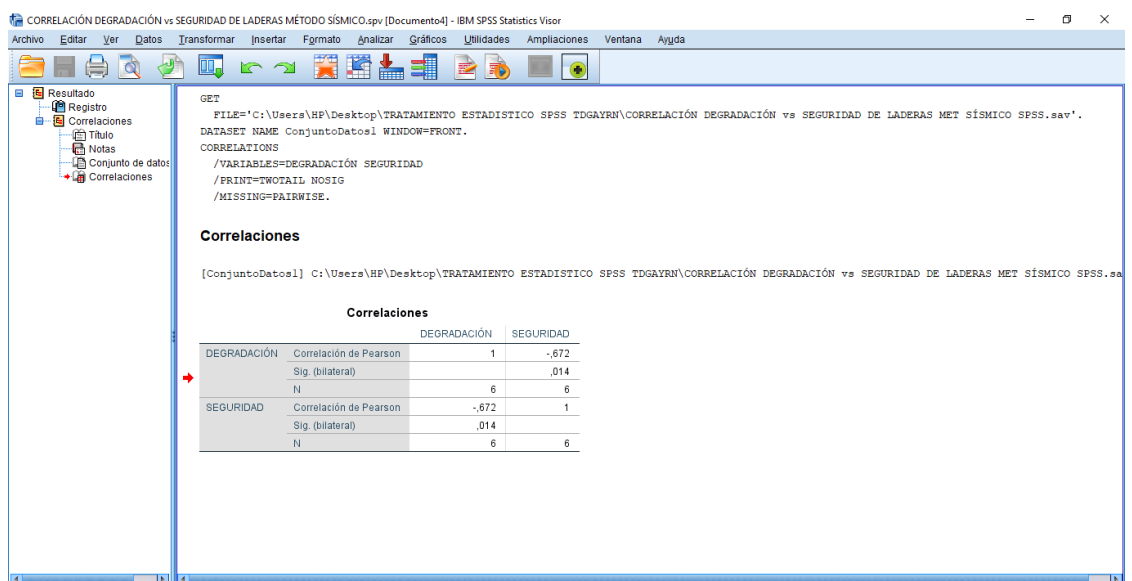


Figura 11. Correlación de Pearson método sísmico

### **3.9 Materiales y Equipos**

Para el acopio de información se hicieron uso de los siguientes equipos y materiales.

#### **3.9.1 Equipos de la investigación:**

- Cámara fotográfica Canon
- Gps modelo Garmin
- Computadora HP
- Balanza electrónica
- Impresora cannon LX 200
- Pluviometro
- Muestreador
- Máquina triaxial
- Fiola de vidrio
- Copa de Casagrande

#### **3.9.2 Materiales de la investigación**

- Juego de mallas 3'', 2 1/2'', 2'', 1 1/2'', 1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', 1/4'', # 4, # 8, # 10, # 20, # 30, # 50, # 60, # 80, # 100, # 200
- Cazuela
- Lupa
- Ácido clorhídrico (HCL)
- Libreta de campo
- Bolsas de muestreo
- Plumón indeleble
- Planos cartográficos
- Fichas de registro para los ensayos
- Hojas de cálculo Excel
- Software de computación CIVIL 3D v 2018
- Software de computación SLIDE v 8.0

- Software ARC GIS v 10.6
- Software Hec Ras 5.0.3
- Software IBM SPSS v 24.0
- Imagen satelital y Google earth
- Vernier Stanley de 8''



## **CAPÍTULO IV**

### **4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.0.1 Mecánica de suelos**

En el presente trabajo se ubicaron 06 calicatas, se abrieron las calicatas, se obtuvo las muestras de suelo, se llevaron al laboratorio. En la tabla 06 se presenta los valores de las propiedades físico mecánicas de los diferentes estratos del sector Urubamba. Estos son resultados de Contenido de humedad, peso unitario, límites de consistencia: límite líquido, límite plástico, granulometría, clasificación de suelos, ensayo de consolidación y el ensayo triaxial, el cual nos permite encontrar la cohesión entre partículas, el esfuerzo normal aplicado, el ángulo de fricción interna y el valor del esfuerzo de cortante.

El procesamiento de la información se ejecutó mediante el software Excel 2018, para la obtención de las muestras y el análisis de laboratorio se utilizaron los diferentes protocolos de Mecánica de Suelos, para obtener la degradación del suelo se ha utilizado la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, haciendo uso del método heurístico para ponderar los diferentes factores que intervienen.

En la obtención de la degradación del suelo a partir de la parcela piloto se utilizó el método probabilístico.

Tabla 6. Resultados de los ensayos de laboratorio de Mecánica de suelos

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO																				
Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Conenido de		Límites de Consistencia		Índice de Plasticidad	Grado de Consistencia	Granulometría				Clasificación de Suelos			Ensayo Triaxial $t = V + s.Tg(f)$				
			Humedad	Peso Unitario	Líquido	Plástico			% Que Pasa		Clasificación AASHTO		Clasificación SUCS		$\zeta$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )		
			W (%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	N° 10	N° 40	N° 200	Simbología	Suelo	T. Fundación	Simbología							
C-1	E2	0,60	39,38	2,67	63,00	30,00	33,00	0,70	97,09	89,21	66,18	A - 7 - 5 ( 18 )	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas con limo	0,72	3,70	9,00	1,31
	E3	1,45	31,57	2,65	52,00	47,00	5,00	4,00	97,09	89,05	65,55	A - 5 ( 8 )	Suelo Limoso	Regular a Malo	MH	Limos Inorgánicos				
C-2	E2	0,40	22,51	2,51	42,00	39,00	3,00	6,00	97,00	89,07	65,42	A - 5 ( 7 )	Suelo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos	0,71	3,68	9,00	1,29
	E3	1,50	19,22	2,65	42,00	17,00	25,00	0,91	96,66	88,66	64,78	A - 7 - 6 ( 13 )	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con limo				
C-3	E2	0,85	29,38	2,47	31,00	28,00	3,00	1,00	96,86	87,74	65,51	A - 4 ( 7 )	Suelo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos	0,75	3,66	8,00	1,26
	E3	1,25	26,56	2,41	31,00	25,00	6,00	1,00	96,38	88,19	65,75	A - 4 ( 7 )	Suelo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos				
C-4	E2	0,60	36,04	2,67	44,00	35,00	9,00	0,93	97,60	88,55	66,00	A - 5 ( 7 )	Suelo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos	0,71	3,71	9,00	1,30
	E3	1,45	31,51	2,67	35,00	20,00	15,00	0,20	96,36	88,80	65,47	A - 6 ( 9 )	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con limo				
C-5	E2	0,40	20,82	2,54	57,00	30,00	27,00	1,00	96,22	87,47	64,62	A - 7 - 5 ( 16 )	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	MH	Limos Inorgánicos	0,71	3,73	9,00	1,30
	E3	1,50	18,85	2,65	47,00	26,00	21,00	1,00	96,89	88,26	67,19	A - 7 - 6 ( 12 )	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con limo				
C-6	E2	0,85	30,40	2,51	57,00	28,00	29,00	0,92	96,26	86,74	63,15	A - 7 - 6 ( 16 )	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas con limo	0,71	4,03	9,00	1,35
	E3	1,25	27,13	2,45	44,00	40,00	4,00	4,75	96,70	87,70	65,94	A - 5 ( 7 )	Suelo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos inorgánicos				

En la tabla 6 se observa los valores encontrados a partir de los ensayos de Mecánica de suelos: El contenido de humedad viene a ser el porcentaje de agua en la muestra 39,38%, el peso unitario 2,67 gr/cm<sup>3</sup>, correspondiente a las arcillas plásticas (Apéndice C: Mecánica de suelos-Contenido de Humedad y Peso Unitario).

El ensayo de límites de consistencia o límites de Atterberg sirve para determinar los puntos de transición al pasar la muestra de un estado a otro, así al encontrarse en condición sólida y agregarle agua poco a poco, va cambiando de fase a semisólido, plástico y finalmente líquido, donde la frontera entre estos estados es el límite de contracción LC, límite plástico LP y límite líquido LL; los valores encontrados en el laboratorio determinaron el LL=63%, LP=30%, si el contenido de humedad de la muestra de suelo es  $\omega=39,38\%$ , entonces su consistencia es plástica, además de la tabla observamos que el grado de consistencia es  $K_w=0,70$ , que viene a ser el grado de cohesión entre partículas de suelo, por lo tanto según este parámetro su consistencia es suave (Apéndice C: Mecánica de suelos-Límites de Atterberg). El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, se utiliza para encontrar la textura y el tamaño de las partículas del suelo, en la descripción se abarca tanto los suelos gruesos y los finos, separando ambos con el tamizado, mediante la malla No 200 (0,074 mm); las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50 % de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas son finas. De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla el 66,18% pasa la malla N° 200, según esto los suelos tienen granulometría fina de alta plasticidad (Apéndice C: Mecánica de suelos-Clasificación de suelos SUCS).

La clasificación de la Asociación Oficial Americana de Transporte y Conservación de Carreteras AASHTO considera 7 grupos de suelos (A-1, A-2,...,A-7), según su granulometría y plasticidad. Más concretamente, en función del porcentaje que pasa por los tamices N° 200 (0,075 mm.), N° 40 (0,425 mm.) y N° 10 (2,00 mm.), y de los Límites de Atterberg de la fracción que pasa por el tamiz N° 40. Estos siete grupos representan a dos grandes categorías de suelos, suelos granulares con no más del 35% pasa por el tamiz N° 200 y suelos limo-arcillosos si más del 35% pasa por el tamiz N° 200. Los suelos limo-arcillosos están compuestos por los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, cuyo comportamiento portante es de regular a malo, de esta forma se clasifican también los suelos del grupo A-2 en los distintos subgrupos, el resto de grupos como el A-1 y A-3 se consideran como gravosos y arenosos. Para nuestros valores observados en el cuadro y según su granulometría y plasticidad se trata de suelos A-7 correspondiéndole el tipo arcilloso.

Según la clasificación AASHTO, en la calicata 1 se presenta suelos arcilloso y limoso de alta plasticidad con LL mayor a 50% (Apéndice C: Mecánica de suelos-Clasificación de suelos AASHTO).

En el ensayo triaxial se aplicó una presión lateral en todas direcciones y una fuerza axial hasta alcanzar la rotura del espécimen, obteniendo una fuerza de cohesión  $\zeta=0,72 \text{ kg/cm}^2$  y un ángulo de fricción interna  $\phi=10^\circ$  correspondiente a una arcilla limosa. El esfuerzo cortante se calculó con la fórmula de Mohr - Coulomb  $\tau = c + \sigma \tan\phi$ , al reemplazar valores  $\tau = 0,72 + 3,70 \times \tan 9^\circ$ , obteniendo el valor del esfuerzo de cortante  $\tau = 1,31 \text{ kg/cm}^2$  (Apéndice C: Mecánica de suelos-Ensayo Triaxial).

Al extraer las muestras de las calicatas utilizando los protocolos de los ensayos de laboratorio conseguimos obtener los valores del contenido de humedad, peso específico del suelo, límites de consistencia, clasificación de suelos, análisis granulométrico y el ensayo triaxial el cual nos representa la caracterización de suelos arcillosos, presentes en los estratos de las capas superficiales en la zona de Urubamba con fuerte presencia de humedad, debido a que los ensayos se realizaron durante la época de lluvias desde enero hasta abril. Con estos datos de Mecánica de suelos se ingresó al software slide v 8,0 para modelarlo y encontrar la seguridad en las laderas del sector Urubamba (Apéndice E: Falla de talud).

#### **4.0.2 Precipitaciones**

En la figura 7 se aprecia que luego de haber utilizado Los datos hidrometeorológicos de la estación ‘El Ronquillo’ con precipitaciones cada día y hora, procedemos a graficar la curva intensidad-duración-frecuencia, que utilizamos en la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo para encontrar la degradación, con un periodo de retorno cada 08 años, una lluvia de 30 minutos de duración y una Intensidad en mm/hr, cuya energía de lluvia es la que ocasiona mayor desgaste en la capa superficial del suelo, de donde obtuvimos  $I = 86.602$  mm/hr., correspondiéndole una intensidad muy fuerte, por ser mayor a 60,00 mm./hr. según Wischmeier y Smith (Apéndice D: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo- Tratamiento Hidrológico).

Tabla 7. Intensidad, duración y tiempo de retorno

Frecuencia años	Duración en minutos					
	5	10	15	20	25	30
2	174,08	115,85	91,30	77,10	67,63	60,76
5	221,53	147,43	116,18	98,12	86,06	77,32
10	265,83	176,92	139,42	117,74	103,27	92,79
25	338,28	225,13	177,42	149,83	131,42	118,07
50	405,94	270,16	212,90	179,80	157,71	141,69
75	451,63	300,57	236,86	200,03	175,46	157,63
100	487,13	324,19	255,48	215,76	189,25	170,03
500	743,88	495,06	390,13	329,47	288,99	259,64

#### 4.0.3 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

Para encontrar la degradación se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo propuesta por Wischmeier y Smith  $E = R K L S C P$ , donde cada uno de los factores se ponderó según las tablas correspondientes, de donde se obtuvo la degradación de 3,68 t/ha/año, menor a 5 t/ha/año considerada por la FAO como degradación leve (Apéndice D: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo-EUPS).

**EUPS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

$$E = R K L S C P$$

$$E \text{ potencial} = R K L S$$

$$E \text{ actual} = R K L S (C P) \text{ (Factores de manejo)}$$

$$E = R K L S C P = 0,2882 * 0,025 * 367,69 * 2,48 * 0,80 * 0,70 = 3,68 \text{ t/ha/año.}$$

#### 4.0.4 Degradación superficial de la parcela piloto en el sector Urubamba

En la tabla 7 se observa la degradación de la parcela piloto, a partir de la degradación hídrica ocasionada por la energía de la lluvia, desde el 01 de enero hasta el 23 de abril del 2017, encontrando el valor de 0,0657 t/ha/año, el cual corresponde a una erosión leve por ser menor a 5 t/ha/año según la FAO.

En la figura 10 se aprecia la cuenca el Ronquillo, con un área de 4 781,90 has, cuyos tributarios son afluentes del río San Lucas, el cual atraviesa la ciudad de Cajamarca, se observa también el área de estudio correspondiente al sector Urubamba, cuya área es de 44,52 has, lugar donde se instaló en el año 2008 la estación hidrometeorológica "El Ronquillo".



Figura 12. Cuenca del área de estudio y estación hidrometeorológica "El Ronquillo"

## Parcela piloto en Urubamba

Tabla 8. Erosión de la parcela piloto

No DE MUESTRAS	FECHA	EROSIÓN (gr)	PARCELA PILOTO (L=22.13 mts.) Ha	EROSIÓN ACUMULADA (gr)	EROSIÓN ACUMULADA (ton/ha)
1	01/01/2 017	385,6	0,049	385,60	0,0079
2	15/01/2 017	384,3	0,049	769,90	0,0157
3	29/01/2 017	391,4	0,049	1 161,30	0,0237
4	12/02/2 017	403,2	0,049	1 564,50	0,0319
5	26/02/2 017	406,5	0,049	1 971,00	0,0402
6	12/03/2 017	410,3	0,049	2 381,30	0,0486
7	26/03/2 017	413,6	0,049	2 794,90	0,0571
8	09/04/2 017	415,1	0,049	2 796,40	0,0571
9	23/04/2 017	423,5	0,049	3 218,40	0,0657
PROMEDIO		403,72			
DESV EST		13,82			

Erosión acumulada 0,0657 t/ha/año.



En la figura 13, se muestra la variación de la erosión del suelo en la parcela piloto, ubicada en el sector Urubamba, durante los meses de enero hasta abril del año 2017, periodo en el que se tomaron medidas de la degradación del suelo, debido a la precipitación pluviométrica, en los dos primeros meses se presenta un leve ascenso de la erosión del suelo, produciéndose luego un considerable aumento, en relación con el crecimiento de la lluvia en los meses de marzo hasta abril.

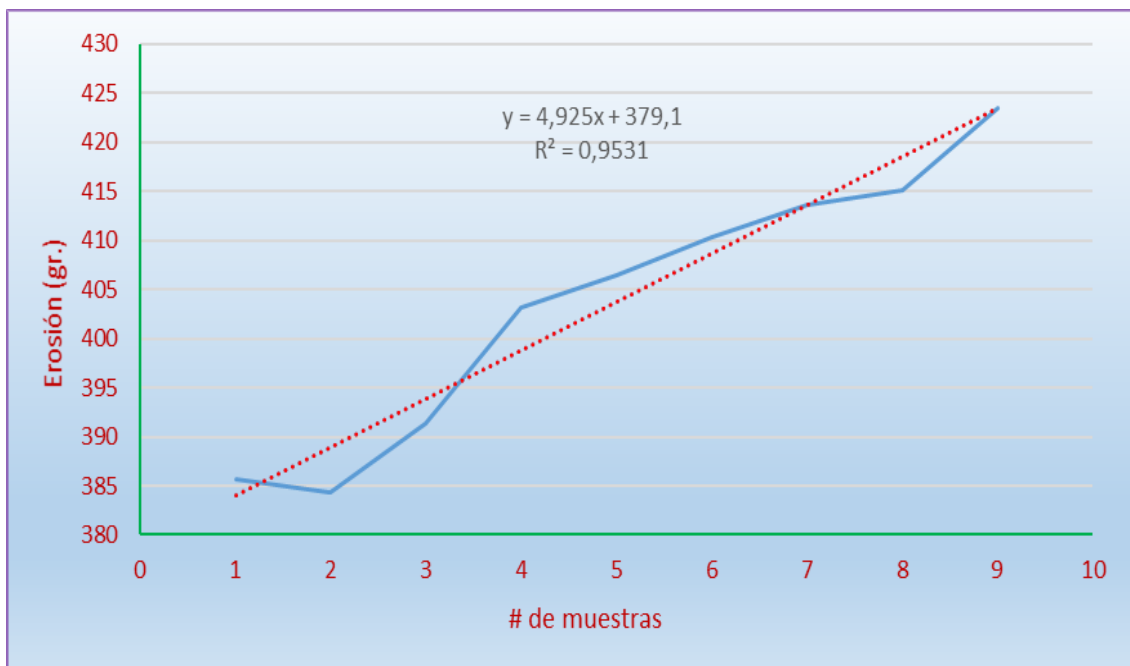


Figura 13. Erosión de la parcela piloto

Al comparar los resultados de la degradación por el Método EUPS el cual fue de 3,68 t/ha/año, así como la degradación encontrada por la parcela piloto cuya cantidad fue de 0,0657 t/ha/año, observamos que el método de la EUPS nos presenta un valor más alto, al haber sido obtenido con un registro mayor de datos. Por lo que en el análisis se utilizó este valor.

#### 4.0.5 Análisis de estabilidad de las laderas de Urubamba

En la figura 14 se observa que el Factor de seguridad por el método estático es  $0,362 < 1,5$ ; de acuerdo a la norma CE 020, el talud es inestable.

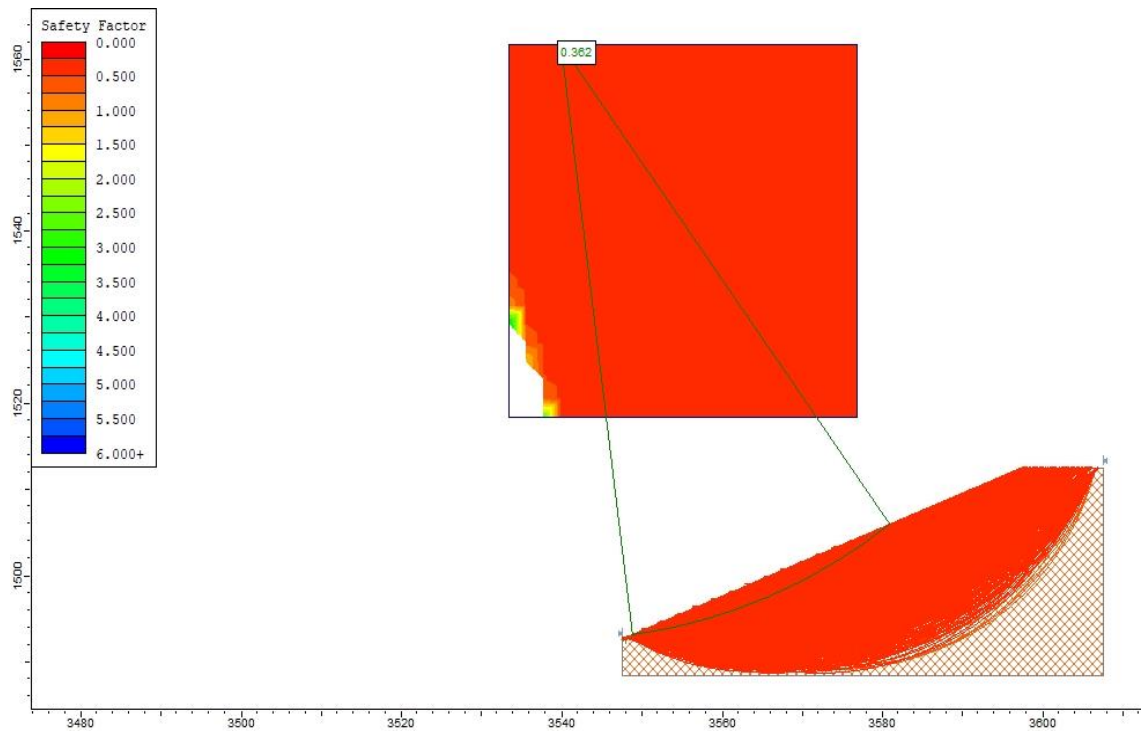


Figura 14. Factor de seguridad 0,362 por el método estático programa Slide v 8.0

En la figura 14 se observa que el Factor de seguridad por el método dinámico es  $0,167 < 1,25$ ; según la norma CE 020, el talud es inestable, se utilizó un factor de zona correspondiente a la zona 3 para Cajamarca igual a 0.35, obtenido de la norma sismoresistente E 030.

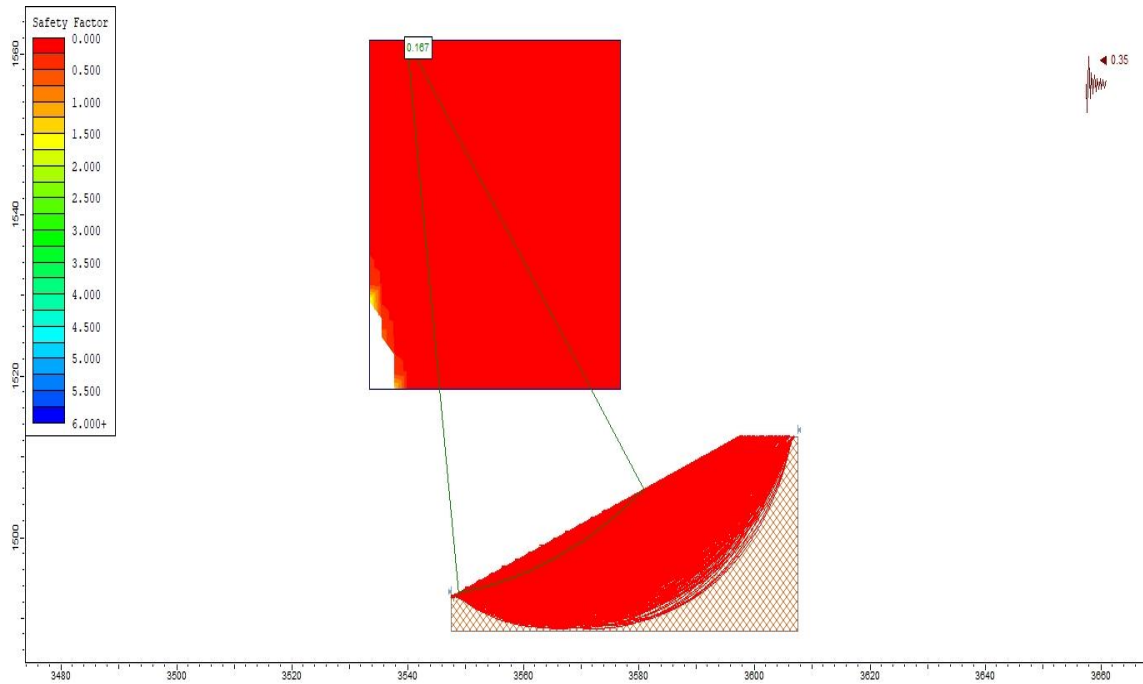


Figura 15. Factor de seguridad 0,167 por el método sísmico programa Slide V8.0



Tabla 9. Factores de zona

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Figura 16. Zona sísmica, Norma E 030 sismoresistente

El sector “Urubamba” pertenece a la zona 3, cuyo factor de zona es 0,35, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

El coeficiente sísmico para el análisis seudo estático corresponde a un sismo de 475 años de periodo de retorno, Norma CE 020.

De los resultados conseguidos al modelar la estabilidad del talud con el método de equilibrio límite (Braja 2 011), programa slide v 8.0 se determinó una falla en forma circular propio de suelos arcillosos (Ayala 1 986), además la zona es inestable por ser el factor de seguridad 0,362, el cual según la norma CE 020 de estabilización de suelos, para  $F.S. < 1,5$  por el método estático y  $F.S. de 0,167 < 1,25$  por el método sísmico.

En general se observó que los factores que condicionan la seguridad de las laderas de Urubamba son la degradación de la capa superficial y las propiedades físico mecánicas de los suelos insumos que nos ha permitido analizar su estabilidad mediante el equilibrio de fuerzas, el factor de seguridad producto del análisis de equilibrio nos indicó que las fuerzas desestabilizadoras son mayores a las fuerzas estabilizadoras, condición que produce inestabilidad en los taludes de Urubamba, en la mayor parte de las zonas de las laderas de Urubamba, este estado no se controla oportunamente ocasionando pérdida superficial del suelo.

De acuerdo a los valores del factor de seguridad en laderas de 0,362 método estático y 0,167 por el método sísmico que nos arroja el modelamiento matemático, se deduce que las laderas de Urubamba son inestables, sumado al resultado de la degradación de 3,68 t/ha/año considerado como leve por ser menor a 5 t/ha/año, obtenido al aplicar la ecuación universal de pérdida de suelo, por lo tanto, se concluye que, las laderas de Urubamba son inseguras.

De lo anterior se acepta la hipótesis planteada: La seguridad de las laderas en la zona de Urubamba – Cajamarca, Perú; son función de la degradación superficial y falla de talud.

#### 4.0.6 Escenario de avenida por deslizamiento de taludes del sector Urubamba

En las figuras 16, 17 y 18 se aprecia el modelamiento en el programa Hec Ras 5.0.3, creándose un escenario de avenida, debido al deslizamiento de las laderas del sector Urubamba sobre el río del mismo nombre, produciéndose un embalse aguas arriba del dique formado por el material trasladado, el agua acumulada rompería la contención, inundando ambos márgenes del río San Lucas, en el modelamiento se consideró un caudal de salida de 1 000 m<sup>3</sup>/seg, por el margen izquierdo discurriría por el río San Lucas, hasta encontrar al río Mashcón, luego alcanzaría al aeropuerto Armando Revoredo Iglesias, después al caserío de Tartar Chico, encontraría al río Chonta, llegaría a la plaza principal del distrito de Baños del Inca, continuaría su recorrido hacia el distrito de LLacanora; por el margen derecho avanzaría hasta la plazuela José Gálvez, continuaría por la plaza de armas, por la plazuela Bolognesi hasta la avenida Atahualpa, luego continuaría por la vía de evitamiento sur, se trasladaría sobre la carretera hacia el distrito de Jesús, alcanzaría al río Cajamarquino, continuando hacia el distrito de LLacanora.

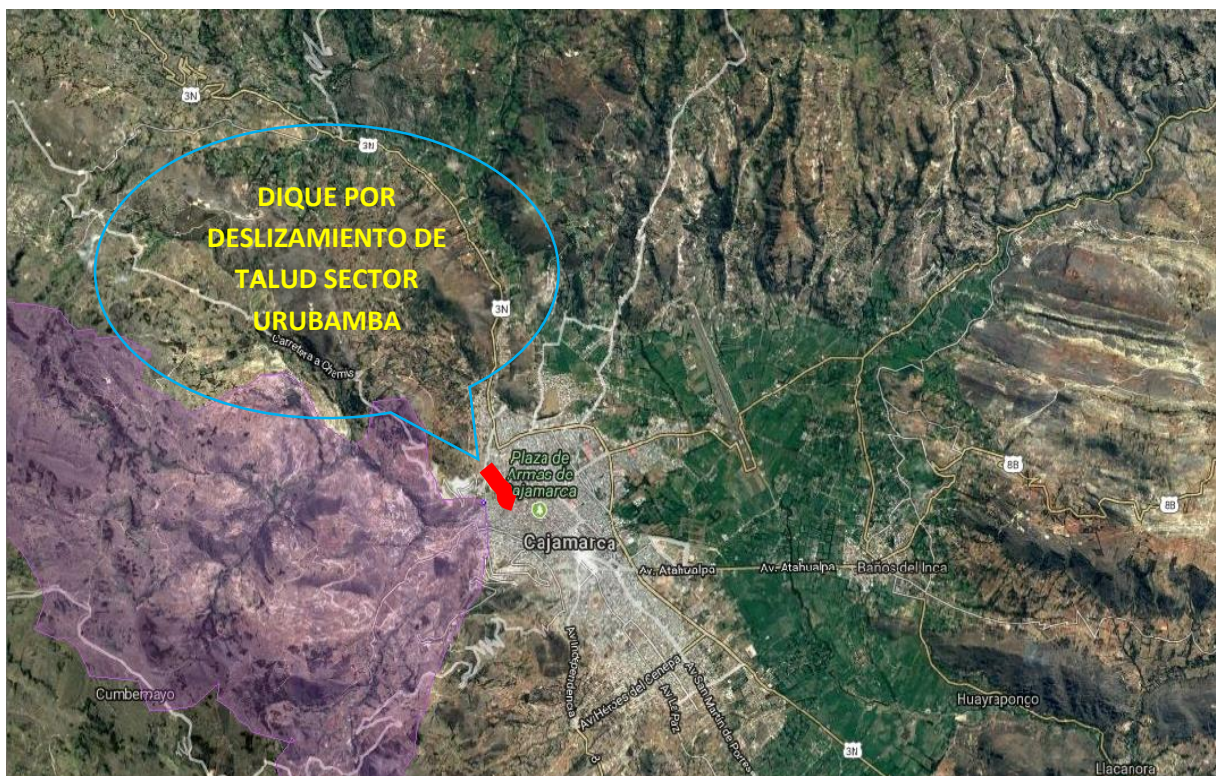


Figura 17. Modelamiento Avenida por deslizamiento zona "Urubamba"



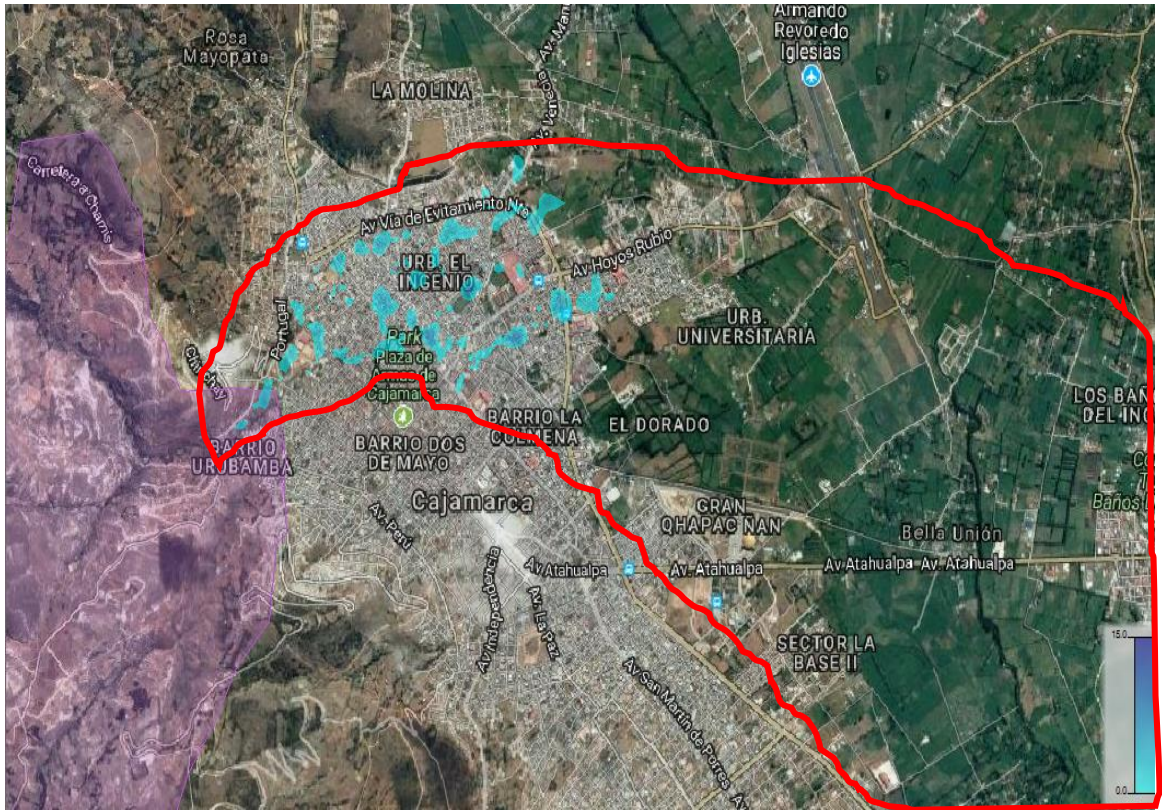


Figura 18. Rotura de dique e inundación de la ciudad de Cajamarca

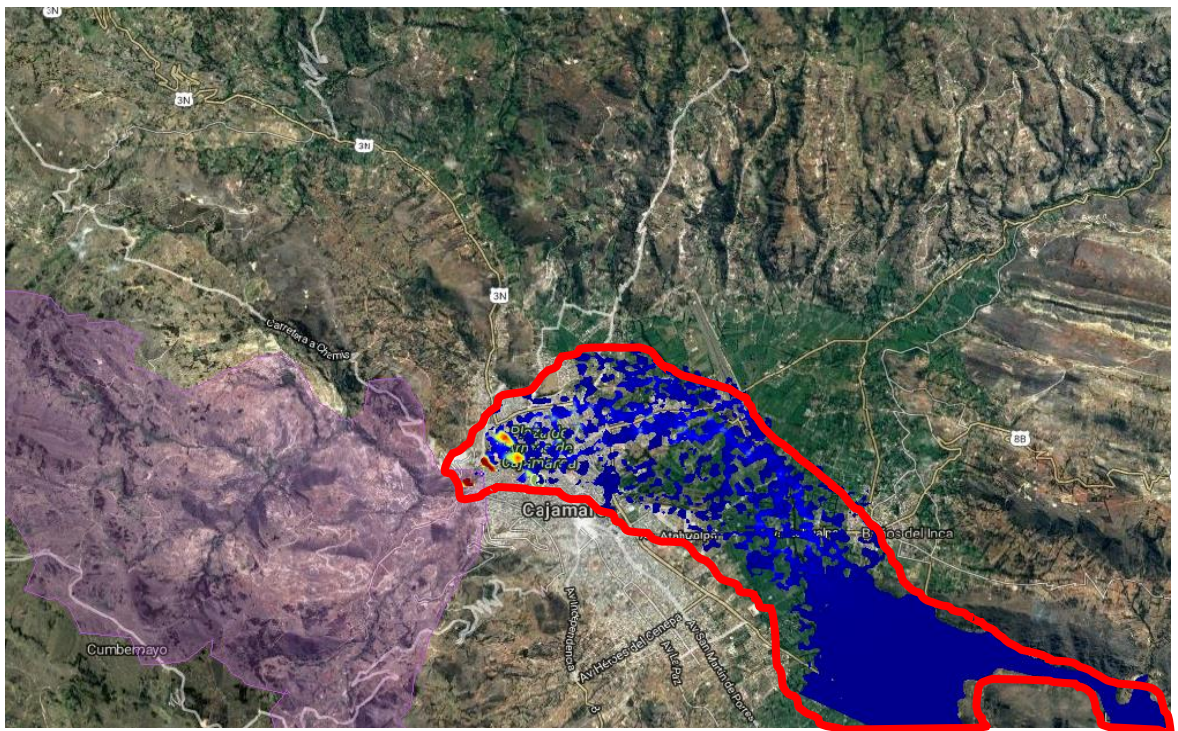


Figura 19. Zona de inundación en el valle de Cajamarca

## 4.1 DISCUSIÓN

- En la tabla N<sup>o</sup> 6 se presenta el consolidado de Mecánica de Suelos, donde se obtuvo las propiedades físico mecánicas del suelo en las seis calicatas, como el peso unitario, el ángulo de fricción interna, la cohesión, el esfuerzo cortante, los cuales al ser utilizados en el software SLIDE v 8.0, proporcionó valores que señalan la inestabilidad de los taludes en los puntos de muestreo, los suelos de este sector están formados básicamente por arcillas inorgánicas sobreconsolidadas, que al entrar en contacto con el agua van perdiendo su consistencia, hasta alcanzar su inestabilidad al disminuir la resistencia al esfuerzo de cortante. De la tabla N<sup>o</sup> 7 intensidad, duración y frecuencia se obtuvo para un periodo de retorno de 8 años, una duración de 30 minutos una intensidad de 86,602 mm de lluvia, cuya cantidad por ser mayor a 60 mm son las que ocasionan degradación de la capa superficial de suelo. La degradación según la Ecuación Universal de pérdida de suelo encontrada fue de 3,68 t/ha/año, la que se considera como una degradación leve por ser menor a 5 t/ha/año.
- En la figura N<sup>o</sup> 14 se observa los estados de seguridad por el método estático y dinámico, igual a 0,362 y 0,167 respectivamente, al comparar con la norma CE 020 estos son menores a 1,50 y 1,25, método estático y sísmico. Por lo tanto, estos taludes son inestables, La vulnerabilidad del suelo a la erosión, es una característica propia ligada a su granulometría, porosidad, condiciones hidrológicas, relieve, cobertura vegetal, junto a los factores de textura, contenido de materia orgánica y estructura; se comprueba entonces que los suelos más erosionables corresponden a las texturas intermedias (fracción de limos más abundante), considerando que los suelos con un porcentaje de arcilla superior al 30% son poco erosionables como indica la tabla N<sup>o</sup> 6. La predicción con respecto

a la estabilidad en laderas, cuando se tiene en cuenta la acción del agua de infiltración en el terreno como consecuencia de precipitaciones de lluvia, anuncia la disminución del factor de seguridad de laderas, por variación de los parámetros de resistencia al corte de terreno.

- Se observa en la tabla N° 6 los esfuerzos de cortante obtenidos a partir del ensayo triaxial de 1,31; 1,29; 1,25; 1,30; 1,30 y 1,35 kg/cm<sup>2</sup>, en la misma tabla aparecen los valores de la cohesión 0,72; 0,71; 0,75; 0,71; 0,71 y 0,71 kg/cm<sup>2</sup>, estos esfuerzos varían en función de la cantidad de agua que presente el suelo, influye también procesos de humedecimiento y secado, así como la consolidación mediante carga, se aprecia también los ángulos de fricción interna producto del ensayo 9, 9, 8, 9, 9 y 9°, los cuales corresponden a suelos arcillosos principalmente caolinitas y montmorillonitas.
- También de la tabla N° 8 erosión de la parcela piloto, se aprecia que la degradación debido a las precipitaciones sucedidas en el sector Urubamba durante el tiempo de lluvias, fue de 0,0657 t/ha/año menor a 5 t/ha/año, consideradas como leve, la lluvia ocasiona la saturación del suelo en las capas superficiales, provocando una expansión de volumen y peso, con el consiguiente corrimiento del área inestable primero a nivel superficial, luego a las capas más profundas, provocando el deslizamiento sobre el plano de falla. Por el método de la Ecuación Universal se encuentra la degradación de 3,68 t/ha/año, mayor al encontrado a partir de la parcela piloto, fórmula que procede de numerosas experiencias y formulaciones anteriores, quien relaciona la erosión con el grado de pendiente, la longitud del declive, al cual añadió un factor de clima basado en la precipitación máxima en treinta minutos con un período de retorno de dos años, también considerara factores de cultivo que se tienen en cuenta, diferentes grados de protección del



suelo suministrado por la cubierta vegetal, todo el cálculo se encuentra en el apéndice D.

- Asimismo, en la tabla N° 8 de la parcela piloto, observamos un valor de la degradación bajo, debido a que los suelos de las laderas están sobre consolidadas, como lo confirma los ensayos de consolidación (Apéndice C: Mecánica de suelos - consolidación), debido a la formación del suelo hace bastante tiempo, asociado a procesos de humedecimiento y secado en las épocas de lluvia y estiaje. Actualmente las laderas vienen sufriendo desgaste como consecuencia de la meteorización físico química, siendo las masas de suelo desplazadas por acción de la gravedad.

También la actividad antrópica favorece la pérdida de suelo, por deterioro de la cobertura vegetal debido a malas técnicas de cultivo y pastoreo, estos valores de pérdidas del suelo pudieran ser menores para suelos cultivados con inclinaciones del terreno, donde se aplique adecuadas técnicas de laboreo.

La pérdida de suelo ocurridas en la parcela no cultivada, aun cuando las pendientes son mayores que en la zona cultivada corrobora los efectos benéficos de la vegetación, existiendo una relación estrecha entre las unidades geomorfológicas, la pendiente del terreno y la degradación. De tal manera que las tasas de erosión alta se encuentran asociadas a pendientes iguales o mayores a 35°. Cabe mencionar también que el patrón estructural favorece el efecto erosivo de las laderas; intensificándose en zonas con mayor fracturamiento.

- Además, en el apéndice E, figuras 37 al 48 del Análisis de estabilidad de laderas, se observa que los taludes son inestables en los seis taludes donde se realizó el modelamiento. En correspondencia al manifiesto del estudio en donde se sostiene que las zonas más susceptibles a los fenómenos de movimientos en masa están

ubicadas en el sector Sur-Este y comprende a los poblados de Urubamba, Tres ríos, Cushunga y Ronquillo.

En la zona de Urubamba se encuentran presentes cantidades importantes de arcilla, a las que se les denomina genéricamente como Lutitas, a ellas pertenecen las limonitas, arcillolitas y lodolitas, las Lutitas son uno de los materiales más complejo desde el punto de vista de estabilidad de taludes, de acuerdo con el grado de solidificación, estas varían en su comportamiento, las lutitas de grado bajo tienden a desintegrarse después de varios ciclos de secado y humedecimiento, algunas lutitas son muy resistentes pero la mayoría presentan una resistencia al cortante de mediana a baja, pueden ser arcillosas, limosas, arenosas o calcáreas de acuerdo a los tamaños y composición de las partículas, en ocasiones tienen presencia de roca cementada y en otras capas relativamente sueltas, las arcillolitas son las lutitas con alto contenido de arcilla, lo cual hace muy fáciles y susceptibles al deslizamiento. Los modelos numéricos permiten realizar un análisis dinámico completo del talud durante el sismo, para ello se introdujo un acelerograma en la base del modelo como condición de contorno, y se simuló el comportamiento del talud, considerando un modelo de post rotura, tras la duración del sismo puede resultar que el talud sea inestable, con lo que su factor de seguridad en condiciones dinámicas será inferior a uno, o bien que se haya estabilizado, es posible acoplar el cálculo del factor de seguridad mediante reducción de resistencia a un suelo reblandecido, de manera que se obtenga el factor de seguridad del talud después del sismo.

## CAPÍTULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

- Las laderas en la zona de Urubamba - Cajamarca, Perú, son inseguras debido a la degradación superficial leve y falla rotacional de talud alta.
- La degradación en la capa superficial de los taludes de Urubamba fue de 3,68 t/ha/año, los factores de seguridad fueron de 0,362 por el método estático y 0,167 por el método sísmico, valores menores a 1,5 y 1,25 del análisis estático y dinámico respectivamente, según la norma de estabilización de suelos y taludes CE 020 corresponde a laderas inestables, produciéndose fallas e inseguridad de los taludes de Urubamba.
- El factor de seguridad encontrado en el estado de seguridad de las laderas de Urubamba fue de 0,362 por el método estático y de 0,167 por método sísmico en la calicata C1; de 0,314 por el método estático y de 0,144 por método sísmico en la calicata C2; de 0,275 por el método estático y de 0,141 por método sísmico en la calicata C3; de 0,276 por el método estático y de 0,139 por el método sísmico en la calicata C4; de 0,276 por el método estático y de 0,129 por método sísmico en la calicata C5; de 0,379 por el método estático y de 0,176 por método sísmico en la calicata C6.
- El esfuerzo cortante calculado en el estado de seguridad de las laderas de Urubamba fue de 1,31 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C1 de 1,45 m.; 1,29 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C2 de 1,50 m.; 1,26 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C3 de 1,25 m.; 1,30 kg/cm<sup>2</sup> en

la calicata C4 de 1,45 m; 1,30 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C5 de 1,50 m y 1,35 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C6 de 1,25 m.

- Para la contrastación de la hipótesis se utilizó la correlación de Pearson, el valor encontrado fue de -0,668; por encontrarse en el intervalo [-0,6 ; -0,8] nos indica buena correlación inversa, entre la degradación del suelo y la seguridad de las laderas de Urubamba, es decir, sí aumenta la degradación del suelo, entonces disminuye la seguridad de las laderas, el P valor = 0,015 < 0,05 (grado de significancia), entonces se rechaza la hipótesis nula y se elige la hipótesis alterna, H<sub>a</sub>: Las laderas en la zona de Urubamba – Cajamarca, Perú; son inestables por degradación superficial y falla rotacional de talud.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- ❖ Según los resultados encontrados en la investigación, acerca de la inseguridad de los taludes de la zona de Urubamba a nivel superficial en la ciudad de Cajamarca, se recomienda realizar estudios indirectos (Geofísicos) como directos (perforaciones), a fin de conocer a través de modelamientos cual es el comportamiento de los taludes a un nivel profundo.
- ❖ Realizar el monitoreo periódico de la información hidrométrica y pluviométrica, para conocer el aporte hídrico de la cuenca en el caudal del río Urubamba, así como la acción de la lluvia en la degradación del suelo.
- ❖ Utilizar información cartográfica y teledetección para conocer en tiempo real la aparición superficial de grietas de tensión, grietas, fallas y el desgaste de suelos debido a la acción geológica, antrópica, deforestación, vientos, sobrepastoreo o lluvia.

- ❖ Se recomienda realizar investigaciones de este tipo en diferentes lugares de la ciudad de Cajamarca que presenten laderas inestables, con la finalidad de gestionar los riesgos ante posibles deslizamientos.

### **5.3 PROPUESTA**

#### **PROGRAMA DE MONITOREO DE LA DEGRADACIÓN Y FALLAS DE TALUD PARA AUMENTAR LA SEGURIDAD DE LAS LADERAS DE URUBAMBA, CAJAMARCA-PERÚ**

- Los moradores del sector de Urubamba tienen problemas con la degradación de suelos y los deslizamientos de los taludes, al ser una zona de fallas geológicas, efecto que aumenta con la presencia de lluvias durante el periodo estacional. Esta propuesta nos permite mejorar las condiciones de seguridad de los pobladores de esta zona al reducir la presencia de fallas superficiales, debido a la degradación.
- Se propone un monitoreo constante durante la época de lluvias, para ubicar las fallas de tensión, para sellar las grietas y derivar el agua de escorrentía hacia las cunetas, acequias o quebradas.
- Sensibilización a los moradores del sector Urubamba acerca de los efectos de la lluvia en la degradación de los suelos, por pérdida de la capa orgánica, así como realizar la limpieza y descolmatación de los drenajes para la libre circulación del agua.
- Capacitación de los moradores en el cultivo del suelo, a través de surcos en el sentido de la topografía y no en forma perpendicular al talud. también en la construcción de terrazas de formación lenta para evitar la degradación y deslizamiento de suelos.

- Revestir con concreto simple todas las cunetas del sector Urubamba, a fin de evitar la socavación y filtración hacia las capas interiores, saturando el material y provocando las fallas de talud, a cargo de la Municipalidad Provincial de Cajamarca.
- Revegetar las laderas con plantas de tallo corto como gramíneas y leguminosas, para evitar que la energía de impacto de las gotas de lluvia, desprendan las partículas de suelo ubicadas en la superficie.
- Evitar exponer áreas del sector Urubamba al sobrepastoreo, cuyas raíces al ser arrancadas, origina degradación del suelo, cuando la escorrentía se desplaza sobre los lugares desnudos.
- Utilizar gaviones como muros de sostenimiento en los sectores donde se han presentado deslizamiento de masas de suelo.

### **Beneficios que aporta la propuesta**

#### **Beneficio económico**

La degradación y la falla de taludes en la zona de Urubamba afecta los suelos para uso agrícola, así como las viviendas al generarse asentamientos diferenciales, durante los periodos de lluvia de cada año, el beneficio es para los moradores de este sector, al disminuir la acción de la lluvia y los efectos sobre el suelo.

#### **Beneficio ecológico**

Al disminuir el impacto paisajístico y la modificación de la morfología de las laderas del sector Urubamba, evitando que se presente degradación y deslizamiento de taludes cuando se presentan las lluvias.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, Q.; Arteaga, F. Y Torres L. 2 014. Evaluación geotécnico-ambiental del deslizamiento Ronquillo en la ciudad de Cajamarca. Trabajo de Investigación. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca-Perú. P. 1-85.
- Alfaya, A. 2 012. Colonización de taludes artificiales por medio de la vegetación natural. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 313 p.
- Ayala, C. 1 986. Manual de Ingeniería de taludes. Segunda edición. Talleres del Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid – España. P. 339 – 363.
- Blanco, E. 2 011. Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes. Revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. 289 P.
- Braja, M. 2 011. Geotechnical Engineering Handbook. J Rosh Publishing. Florida-EEUU. P. 232-245.
- Bujan, A. 2 003. Preliminary study on the use of the technique for soil erosion investigación, in the Pampean Region of Argentina. Primera edición. Editorial Hispánica. Buenos Aires – Argentina. P. 271-277.
- CARE-PERÚ, 2 009. Gestión de riesgo frente a la amenaza de deslizamiento sector Urubamba. Cajamarca-Perú.
- Carrasco, D. 2 007. Metodología de la investigación científica. Segunda edición. Editorial San Marcos. Lima-Perú.
- Crosta, G. y Frattini, P. 2 003. “Distributed physicallybased rainfall thresholds for landslide triggering”. Quinta edición. Geophysical Research Abstracts. Nice - France.
- Donald, P. 1 998. Geotechnical Engineering: Principles and Practices. Primera edición. Editorial Prince-Hall Inc. New jersey-EEUU. P. 514-520.
- Duncan, M. y Stephen G. 2 005. Soil Strength and Slope Stability. Primera edición. Published by John Wiley and Sons, Inc. New Jersey-EEUU. P. 55-60.
- Gonzales, D. 2 002. Ingeniería Geológica. Tercera edición. Editorial Pearson Educación S.A. Madrid – España. P. 440-464.
- Gutiérrez, A. 2 015. El agua de infiltración de lluvia, agente desestabilizador de taludes en Málaga. Granada - España. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 140 P.
- Holtz, R. y Kovacs, W. 1 981. An introduction to Geotechnical Engineering. Segunda edición. Editorial Prentice Hall. New Jersey-EEUU. P. 8-16.

- ICONA. 1 988. Agresividad de la lluvia en España. Primera edición. Editorial ICONA, Madrid - España. 50 p.
- Indeci, 2 005. Ciudades sostenibles. Lima-Perú. 291 p.
- Juarez, B. 2 006. Mecánica de Suelos: Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Segunda edición. Editorial Limusa. México-México. P. 121-132.
- Lagos, M. 2 014. Modelamiento de la relación entre los procesos tectónicos y la inestabilidad en los terrenos de las zonas: Urubamba, Tres Ríos, Cajamarca – Perú. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Cajamarca. 113 P.
- Mancilla, G. 2 008. “Uso de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo en el Campo Forestal”. Disponible en: <http://es.slideshare.net/solecinha/apuntes-docentes-usle>
- MPC, 2 011. Estudio complementario de las condiciones de riesgo de desastres en la ciudad de Cajamarca. Cajamarca-Perú. 62 P.
- Norma CE 020. 2012. Lima-Perú. 28 p.
- Quispe, Y. 2 015. Cálculo de la erosión. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Ayacucho-Perú. 52 P.
- Rahardjo, H. Leong E. and Rezaur R. 2 011. Studies of rainfall-induced slope failures. School of Civil and Environmental Engineering. National Seminar Slope 200: P. 15-29.
- Suarez, D. 1 998. Deslizamiento y Estabilidad de taludes en zonas tropicales. Primera edición. Publicaciones UIS. Bucaramanga – Colombia. P. 121-148.
- Symposium on landslides, Brabb, E. and harrod, B. 1 989. Landslides: extent and economic significance. International Geological Congress Washingt D.C. 2: P. 325-327.
- Velasco, P. 2 001. Análisis de estabilidad de taludes. Simposio Nacional sobre taludes. Primera edición. Talleres CEDEX. Madrid – España. 188 p.
- Venkatramaiah, C. 2 006. Geotechnical Engineering. Tercera edición. New age International (p) Limit Publishers. Nueva Delhi. P. 255-270.
- Verruijt, A. 2 006. Soil Mechanics. Tercera edición. Publisher Delft University of Technology. Delft-Holanda. P. 255-259.
- Zavala, C. y Barrantes, R. 2 007. Ingemmet: Zonas críticas por peligros geológicos región Cajamarca. Primera edición. Talleres Ingemmet. Lima – Perú. Págs. 2-10.
- Zhang, X. 2 000. A study of soil erosion on a steep cultivated slope in the Mt. Gongga Region near Luding, Sichuan, China. Primera edición. Editorial Hispánica. Buenos Aires – Argentina. P. 229-238.



# APÉNDICE

# **APÉNDICE A: FIGURAS**

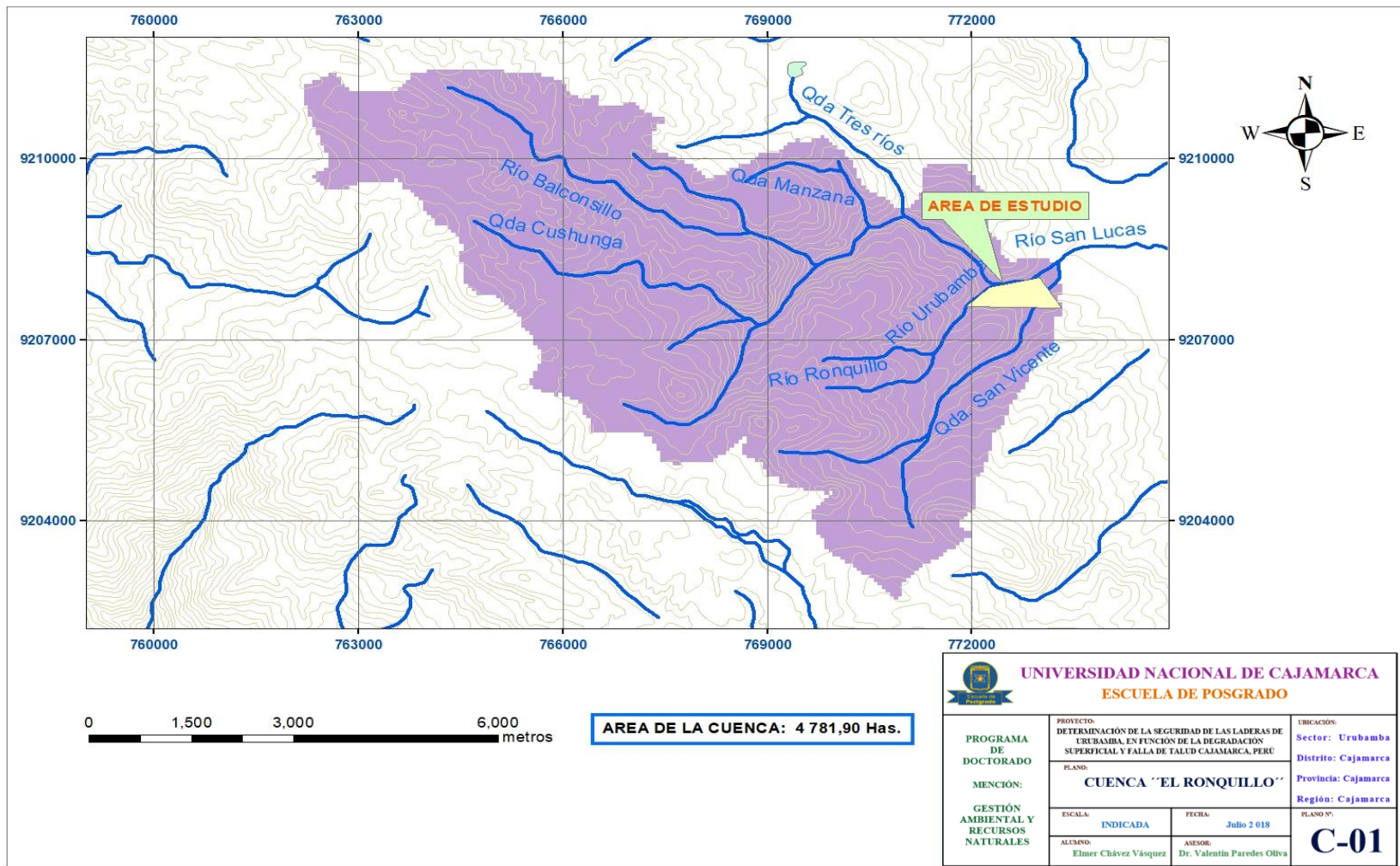


Figura 20. Cuenca El Ronquillo y área de estudio

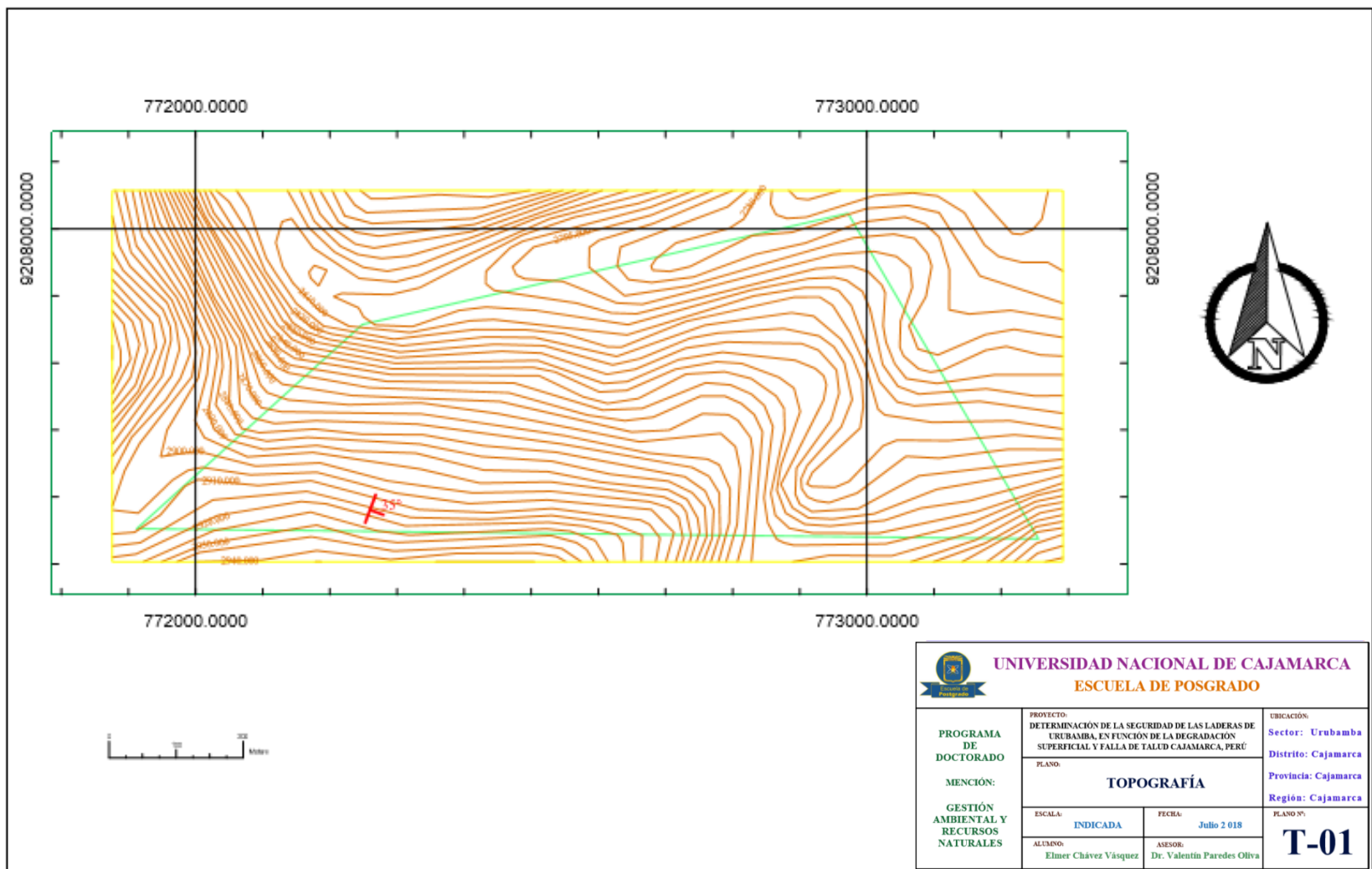


Figura 21. Topografía del área de estudio

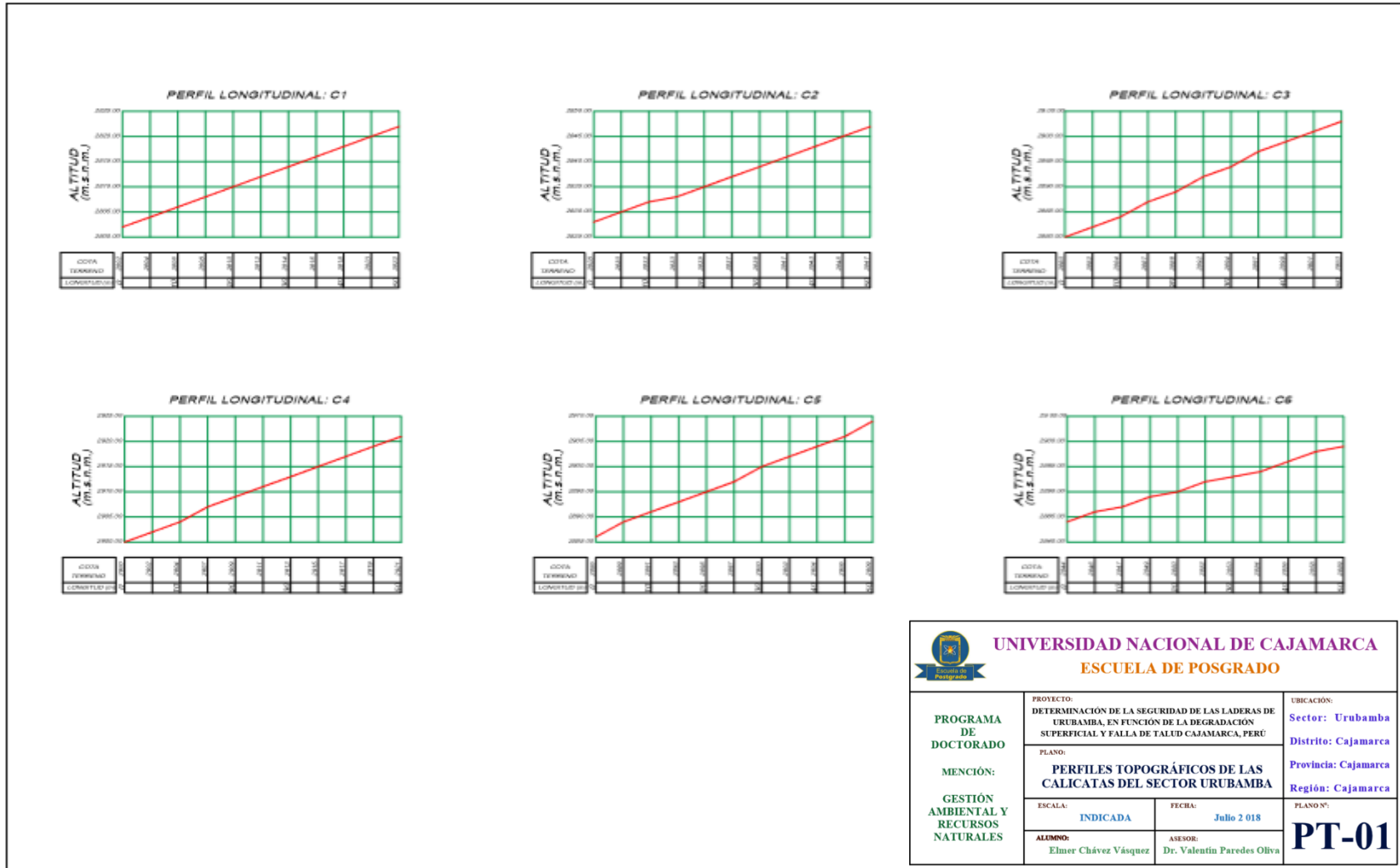


Figura 22. Perfiles longitudinales de las 06 calicata

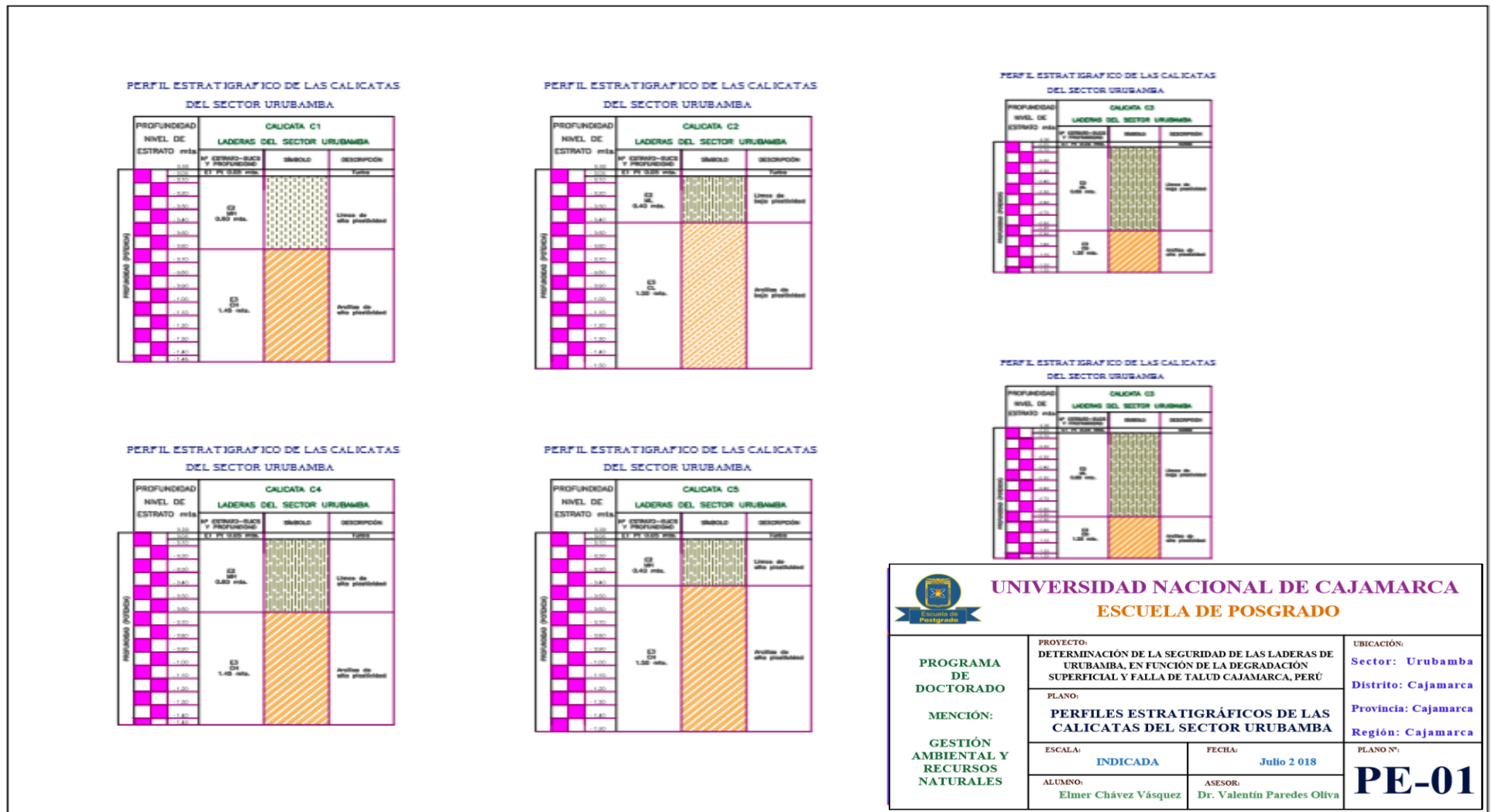


Figura 23. Perfiles estratigráficos de las 06 calicatas

# **APÉNDICE B: FOTOS**





Figura 24. Taludes de la zona de Urubamba



Figura 25. Talud de Urubamba, al fondo la ciudad de Cajamarca



Figura 26. Calicata donde se extrajeron las muestras de suelos





Figura 27. Extracción de la muestra de suelo para el ensayo triaxial



Figura 28. Falla de Urubamba, deslizamiento 2 001



Figura 29. Sembríos y construcción de viviendas en la zona de falla



Figura 30. Parcela piloto para determinar la erosión del suelo



Figura 31. Determinación con GPS, de las coordenadas UTM sistema WGS84



Figura 32. Peso de la erosión del suelo





Figura 33. Estación Hidrometeorológica “El Ronquillo”



Figura 34. Pluviómetro para medir la precipitación pluviométrica



Figura 35. Ensayo peso unitario del suelo



Figura 36. Fallas en viviendas producido por asentamientos

# **APÉNDICE C: MECÁNICA DE SUELOS**

## CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

Ensayo :																													
CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD :										Norma : ASTM D 2216																			
PESO UNITARIO :										Norma : ASTM D 854																			
Fecha de Muestreo : Cajamarca / 18 - 03 - 2017																													
Contenido de humedad																													
Observaciones :																													
Ubicación : C - 1					Ubicación : C - 1					Ubicación : C - 2					Ubicación : C - 2					Ubicación : C - 3					Ubicación : C - 3				
Estrato : E2					Estrato : E3					Estrato : E2					Estrato : E3					Estrato : E2					Estrato : E3				
Potencia : 0,60 m					Potencia : 1,45 m					Potencia : 0,40 m					Potencia : 1,50 m					Potencia : 0,85 m					Potencia : 1,25 m				
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>										
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	116,20	88,80	94,30	82,80	92,40	115,80	82,30	100,90	108,10	83,80	95,10	111,80	77,30	107,30	96,10	102,20	148,40	112,80										
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	95,40	72,90	78,90	67,90	77,40	95,60	71,60	88,70	94,90	76,30	83,20	98,70	66,40	88,40	83,60	86,80	130,20	97,80										
Peso de la Tara	Gr	45,00	32,15	38,20	23,80	28,30	29,10	27,90	29,10	36,40	28,50	31,30	29,90	24,20	29,40	42,30	40,04	40,04	41,30										
Peso de la Muestra Seca	Gr	50,40	40,75	40,70	44,10	49,10	66,50	43,70	59,60	58,50	47,80	51,90	68,80	42,20	59,00	41,30	46,76	90,16	56,50										
Peso del Agua	Gr	20,80	15,90	15,40	14,90	15,00	20,20	10,70	12,20	13,20	7,50	11,90	13,10	10,90	18,90	12,50	15,40	18,20	15,00										
Contenido de Humedad	%	41,27	39,02	37,84	33,79	30,55	30,38	24,49	20,47	22,56	15,69	22,93	19,04	25,83	32,03	30,27	32,93	20,19	26,55										
<b>Promedio</b>		<b>39,38</b>			<b>31,57</b>			<b>22,51</b>			<b>19,22</b>			<b>29,38</b>			<b>26,56</b>												
Peso unitario																													
Observaciones :																													
Ubicación : C - 1					Ubicación : C - 1					Ubicación : C - 2					Ubicación : C - 2					Ubicación : C - 3					Ubicación : C - 3				
Estrato : E2					Estrato : E3					Estrato : E2					Estrato : E3					Estrato : E2					Estrato : E3				
Potencia : 0,60 m					Potencia : 1,45 m					Potencia : 0,40 m					Potencia : 1,50 m					Potencia : 0,85 m					Potencia : 1,25 m				
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>										
Peso del Suelo Seco	Gr	113,80	130,20	122,30	140,10	112,80	102,70	113,60	179,20	102,30	99,80	120,40	124,30	101,40	155,20	120,80	101,20	111,50	105,90										
Peso Frasco Vacío	Gr	165,10	164,30	163,80	166,30	167,80	167,80	165,80	166,20	162,30	167,40	167,40	168,30	168,30	167,80	166,80	166,80	167,20	166,90										
Peso Frasco + Agua	Gr	659,80	659,70	661,20	661,30	659,80	661,20	659,70	661,30	648,70	661,30	660,00	661,20	661,30	661,20	661,20	659,70	661,10	659,80										
Peso Frasco + Agua + Suelo	Gr	731,90	739,60	738,00	747,70	732,00	724,00	727,20	771,90	709,50	721,70	736,00	739,50	720,40	752,40	735,10	717,60	726,80	722,60										
Volumen de Sólidos	Cm <sup>3</sup>	41,70	50,30	45,50	53,70	40,60	39,90	46,10	68,60	41,50	39,40	44,40	46,00	42,30	64,00	46,90	43,30	45,80	43,10										
Peso Unitario	Gr / Cm <sup>3</sup>	2,73	2,59	2,69	2,61	2,78	2,57	2,46	2,61	2,47	2,53	2,71	2,70	2,40	2,43	2,58	2,34	2,43	2,46										
<b>Promedio</b>		<b>2,67</b>			<b>2,65</b>			<b>2,51</b>			<b>2,65</b>			<b>2,47</b>			<b>2,41</b>												



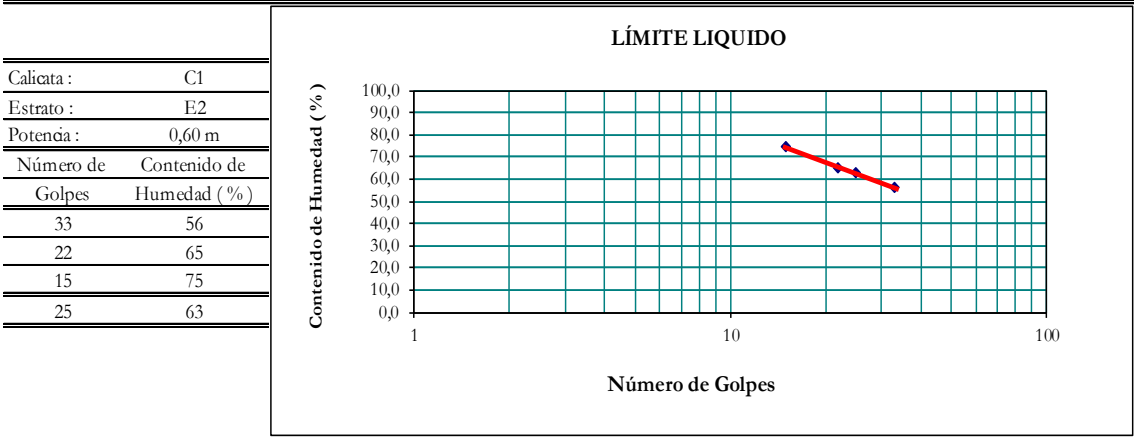
## CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

Fecha de Muestreo :		Cajamarca / 20 - 03 - 2017																	
Contenido de Humedad																			
Observaciones :	Ubicación : C - 4			Ubicación : C - 4			Ubicación : C - 5			Ubicación : C - 5			Ubicación : C - 6			Ubicación : C - 6			
	Estrato : E2			Estrato : E3			Estrato : E2			Estrato : E3			Estrato : E2			Estrato : E3			
	Potencia : 0,60 m			Potencia : 1,45 m			Potencia : 0,40 m			Potencia : 1,50 m			Potencia : 0,85 m			Potencia : 1,25 m			
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	113,50	85,70	93,20	81,70	93,20	114,90	81,80	99,80	106,90	82,50	94,80	110,50	76,70	106,60	95,80	101,80	147,40	113,60
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	95,80	73,20	77,60	66,80	78,30	94,80	72,20	87,40	92,80	75,40	82,70	97,80	65,60	87,70	82,40	87,20	129,30	96,90
Peso de la Tara	Gr	45,70	34,20	39,30	24,30	27,20	28,50	26,80	28,10	35,50	27,90	29,70	30,20	23,70	28,40	41,60	39,70	39,60	42,10
Peso de la Muestra Seca	Gr	50,10	39,00	38,30	42,50	51,10	66,30	45,40	59,30	59,30	47,50	53,00	67,60	41,90	59,30	40,80	47,50	89,70	54,80
Peso del Agua	Gr	17,70	12,50	15,60	14,90	14,90	20,10	9,60	12,40	12,10	7,10	12,10	12,70	11,10	18,90	13,40	14,60	18,10	16,70
Contenido de Humedad	%	35,33	32,05	40,73	35,06	29,16	30,32	21,15	20,91	20,40	14,95	22,83	18,79	26,49	31,87	32,84	30,74	20,18	30,47
<b>Promedio</b>			<b>36,04</b>			<b>31,51</b>			<b>20,82</b>			<b>18,85</b>			<b>30,40</b>			<b>27,13</b>	
Peso Unitario																			
Observaciones :	Ubicación : C - 4			Ubicación : C - 4			Ubicación : C - 5			Ubicación : C - 5			Ubicación : C - 6			Ubicación : C - 6			
	Estrato : E2			Estrato : E3			Estrato : E2			Estrato : E3			Estrato : E2			Estrato : E3			
	Potencia : 0,60 m			Potencia : 1,45 m			Potencia : 0,40 m			Potencia : 1,50 m			Potencia : 0,85 m			Potencia : 1,25 m			
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso del Suelo Seco	Gr	111,80	129,60	122,90	137,90	111,50	101,80	112,40	180,60	101,70	98,70	121,40	123,60	100,70	157,40	119,50	100,80	110,60	104,30
Peso Frasco Vacío	Gr	166,70	163,4	162,90	165,40	166,30	165,80	164,60	165,20	163,40	166,80	166,10	169,30	166,50	166,60	165,40	167,10	166,40	167,40
Peso Frasco + Agua	Gr	660,20	660,00	660,30	660,20	659,30	660,20	669,80	660,30	660,50	660,50	661,30	660,30	661,30	661,80	662,10	661,30	661,10	660,70
Peso Frasco + Agua +Suelo	Gr	731,90	737,70	738,20	745,30	730,70	722,90	726,80	772,50	727,80	722,20	736,30	737,30	723,30	754,50	733,60	716,90	729,60	723,40
Volumen de Sólidos	Cm <sup>3</sup>	40,10	51,90	45,00	52,80	40,10	39,10	55,40	68,40	34,40	37,00	46,40	46,60	38,70	64,70	48,00	45,20	42,10	41,60
Peso Unitario	Gr / Cm <sup>3</sup>	2,79	2,50	2,73	2,61	2,78	2,60	2,03	2,64	2,96	2,67	2,62	2,65	2,60	2,43	2,49	2,23	2,63	2,51
<b>Promedio</b>			<b>2,67</b>			<b>2,67</b>			<b>2,54</b>			<b>2,65</b>			<b>2,51</b>			<b>2,45</b>	

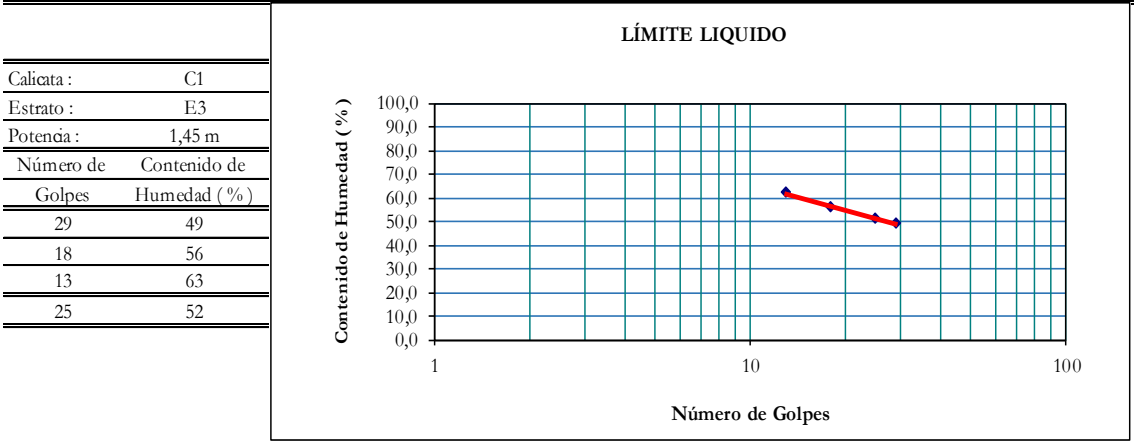
# LÍMITES DE ATTERBERG

<b>Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Norma : ASTM D 4318
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Norma : ASTM D 4319
Fecha de Muestreo :	Cajamarca 18/ 03 / 2017

<b>Tabla 31. Límites de consistencia</b>		Ubicación : Calicata C1	Potencia : 0,60 m								
		Estrato : E2									
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>								
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Límites de Consistencia</b>			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	43,84	39,12	44,02	47,38	35,22	39,49	Límite Líquido: LL =	63%		
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	37,71	34,58	37,12	47,22	34,31	38,71	Límite Plástico: LP =	30%		
Peso de la Tara	Gr	26,82	27,62	27,92	44,91	30,92	37,29	Índice de Plasticidad : IP =	33%		
Peso de la Muestra Seca	Gr	10,89	6,96	9,20	2,31	3,39	1,42	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =	39%		
Peso del Agua	Gr	6,13	4,54	6,90	0,16	0,91	0,78	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> =	0,70		
Contenido de Humedad	%	56,29	65,23	75,00	6,93	26,84	54,93	Grado de Consistencia : Suave			
Número de Golpes		33	22	15	Promedio :			29,57			



<b>Límites de consistencia</b>		Ubicación : Calicata C1	Potencia : 1,45 m								
		Estrato : E3									
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>								
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Límites de Consistencia</b>			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	52,89	38,78	46,06	26,59	29,82	31,22	Límite Líquido: LL =	52%		
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	46,61	33,59	39,39	25,88	29,12	29,78	Límite Plástico: LP =	47%		
Peso de la Tara	Gr	33,92	24,32	28,73	24,32	26,68	27,61	Índice de Plasticidad : IP =	6%		
Peso de la Muestra Seca	Gr	12,69	9,27	10,66	1,56	2,44	2,17	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =	32%		
Peso del Agua	Gr	6,28	5,19	6,67	0,71	0,70	1,44	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> =	4		
Contenido de Humedad	%	49,49	55,99	62,57	45,51	28,7	66,4	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida			
Número de Golpes		29	18	13	Promedio :			46,9			

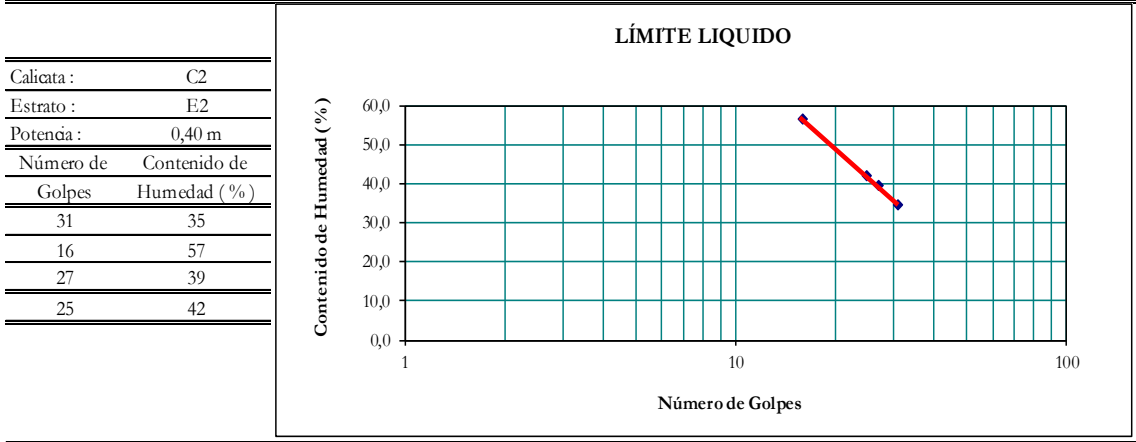




<b>Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Norma : ASTM D 4318
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Norma : ASTM D 4319
Fecha de Muestreo :	Cajamarca 18/ 03 / 2017

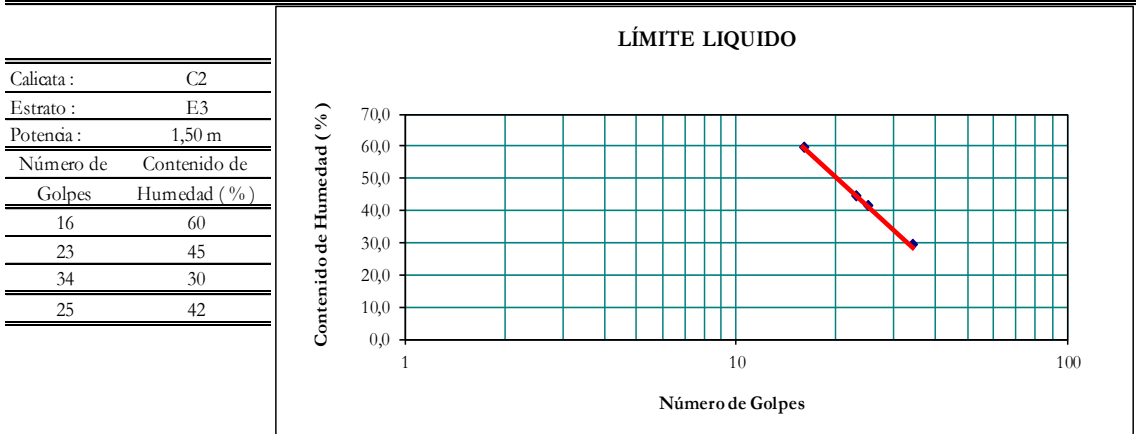
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	Ubicación : Calicata C2	Potencia : 0,40 m
	Estrato : E2	

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	42,87	48,91	46,81	31,18	33,22	38,41	Límite Líquido: LL =	42%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	40,21	44,29	42,82	29,62	32,78	38,18	Límite Plástico: LP =	39%	
Peso de la Tara	Gr	32,52	36,12	32,69	27,51	30,41	37,21	Índice de Plasticidad : IP =	3%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	7,69	8,17	10,13	2,11	2,37	0,97	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =	23%	
Peso del Agua	Gr	2,66	4,62	3,99	1,56	0,44	0,23	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> =	6	
Contenido de Humedad	%	34,59	56,55	39,39	73,93	18,57	23,71	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida		
Número de Golpes		31	16	27	Promedio :			38,74		



<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	Ubicación : Calicata C2	Potencia : 1,50 m
	Estrato : E3	

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	60,61	68,48	71,98	30,62	31,82	31,79	Límite Líquido: LL =	42%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	48,89	56,39	62,50	30,48	31,31	31,61	Límite Plástico: LP =	17%	
Peso de la Tara	Gr	29,22	29,31	30,41	29,22	29,22	30,42	Índice de Plasticidad : IP =	25%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	19,67	27,08	32,09	1,26	2,09	1,19	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =	19%	
Peso del Agua	Gr	11,72	12,09	9,48	0,14	0,51	0,18	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> =	0,91	
Contenido de Humedad	%	59,58	44,65	29,54	11,11	24,40	15,13	Grado de Consistencia : Plástica		
Número de Golpes		16	23	34	Promedio :			16,88		

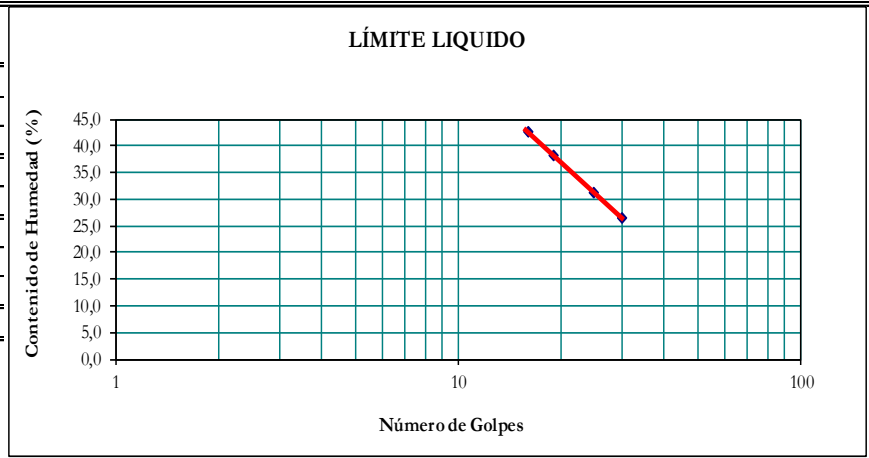


<b>Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Norma: ASTM D 4318
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Norma: ASTM D 4319
Fecha de Muestreo :	Cajamarca 20/ 03 / 2017

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	Ubicación : Calicata C3	Potencia : 0,85 m
	Estrato : E2	

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	63,03	56,12	58,49	29,62	32,61	33,81	Límite Líquido: LL =		31%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	55,02	50,73	53,82	28,91	30,72	31,58	Límite Plástico: LP =		28%
Peso de la Tara	Gr	36,21	36,61	36,21	23,89	25,39	26,52	Índice de Plasticidad : IP =		3%
Peso de la Muestra Seca	Gr	18,81	14,12	17,61	5,02	5,33	5,06	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =		29%
Peso del Agua	Gr	8,01	5,39	4,67	0,71	1,89	2,23	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> =		1
Contenido de Humedad	%	42,58	38,17	26,52	14,14	35,46	34,01	Grado de Consistencia : Suave		
Número de Golpes		16	19	30	Promedio :			27,87		

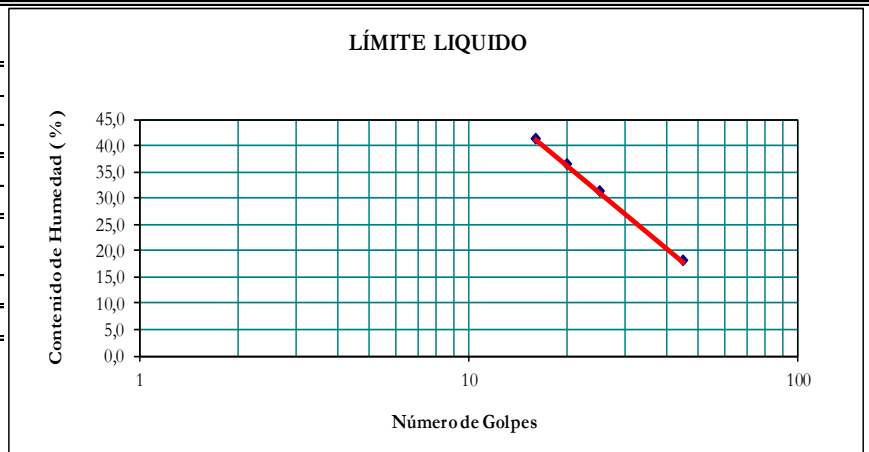
Calicata :	C3
Estrato :	E2
Potencia :	0,85 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	43
19	38
30	27
25	31



<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	Ubicación : Calicata C3	Potencia : 1,25 m
	Estrato : E3	

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	60,16	59,81	62,69	43,58	55,12	45,72	Límite Líquido: LL =		31%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	54,68	53,58	59,42	40,21	47,51	45,65	Límite Plástico: LP =		25%
Peso de la Tara	Gr	41,41	36,51	41,31	27,45	31,14	40,78	Índice de Plasticidad : IP =		7%
Peso de la Muestra Seca	Gr	13,27	17,07	18,11	12,76	16,37	4,87	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =		27%
Peso del Agua	Gr	5,48	6,23	3,27	3,37	7,61	0,07	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> =		1
Contenido de Humedad	%	41,30	36,50	18,06	26,41	46,49	1,44	Grado de Consistencia : Suave		
Número de Golpes		16	20	45	Promedio :			24,78		

Calicata :	C3
Estrato :	E3
Potencia :	1,25 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	41
20	36
45	18
25	31

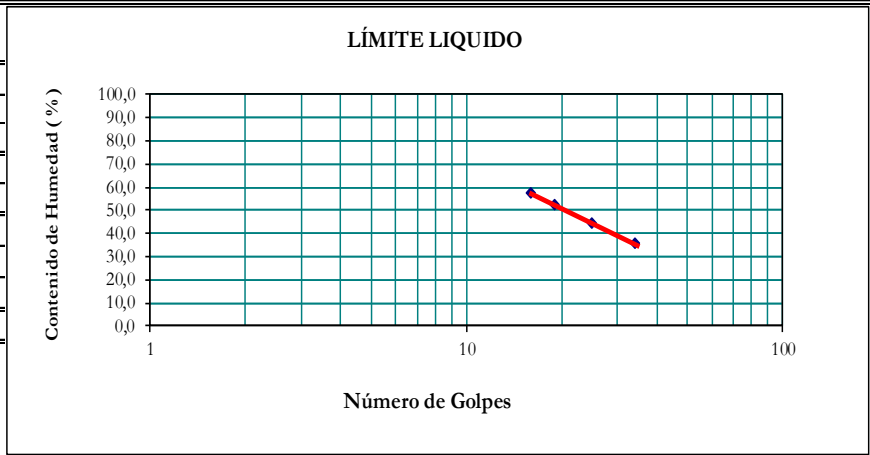


Ensayo :	LIMITES DE CONSISTENCIA
LÍMITE LÍQUIDO	Norma: ASTM D 4318
LÍMITE PLÁSTICO	Norma: ASTM D 4319
Fecha de Muestreo :	Cajamarca 20/ 03 / 2017

LIMITES DE CONSISTENCIA	Ubicación: Calicata C4	Potencia: 0,60 m
	Estrato: E2	

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	42,81	38,27	43,12	47,22	34,81	48,31	Límite Líquido: LL =	44%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	38,59	33,69	36,71	46,49	32,61	41,88	Límite Plástico: LP =	35%	
Peso de la Tara	Gr	26,72	24,91	25,52	42,72	24,33	31,21	Índice de Plasticidad: IP =	9%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	11,87	8,78	11,19	3,77	8,28	10,67	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> =	36%	
Peso del Agua	Gr	4,22	4,58	6,41	0,73	2,20	6,43	Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> =	0,93	
Contenido de Humedad	%	35,55	52,2	57,28	19,36	26,57	60,26	Grado de Consistencia: Plástica		
Número de Golpes		34	19	16	Promedio:			35,40		

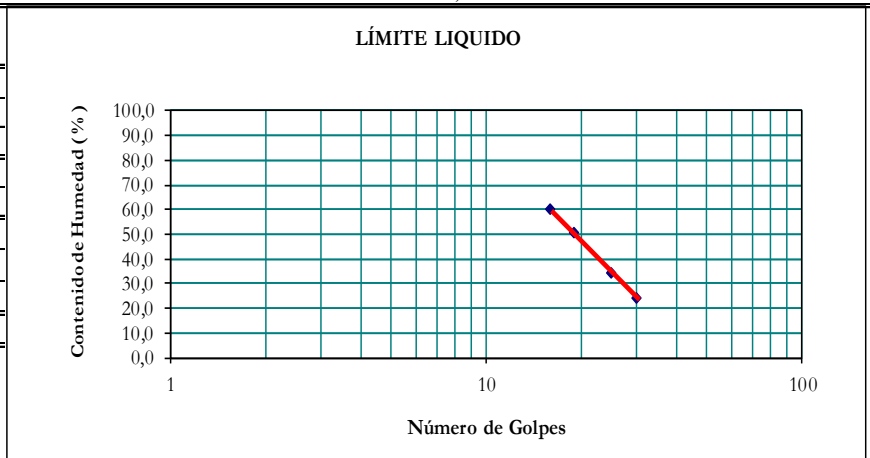
Calicata :	C4
Estrato :	E2
Potencia :	0,60 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
34	36
19	52
16	57
25	44



LIMITES DE CONSISTENCIA	Ubicación: Calicata C4	Potencia: 1,45 m
	Estrato: E3	

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia		
		1	2	3	1	2	3			
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	48,92	39,81	49,32	27,22	48,88	39,36	Límite Líquido: LL =	35%	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	45,81	34,32	41,21	26,31	45,38	39,15	Límite Plástico: LP =	20%	
Peso de la Tara	Gr	32,78	23,51	27,68	22,83	34,33	23,43	Índice de Plasticidad: IP =	15%	
Peso de la Muestra Seca	Gr	13,03	10,81	13,53	3,48	11,05	15,72	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> =	32%	
Peso del Agua	Gr	3,11	5,49	8,11	0,91	3,50	0,21	Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> =	0,2	
Contenido de Humedad	%	23,87	50,79	59,94	26,15	31,7	1,3	Grado de Consistencia: Viscosa		
Número de Golpes		30	19	16	Promedio:			19,7		

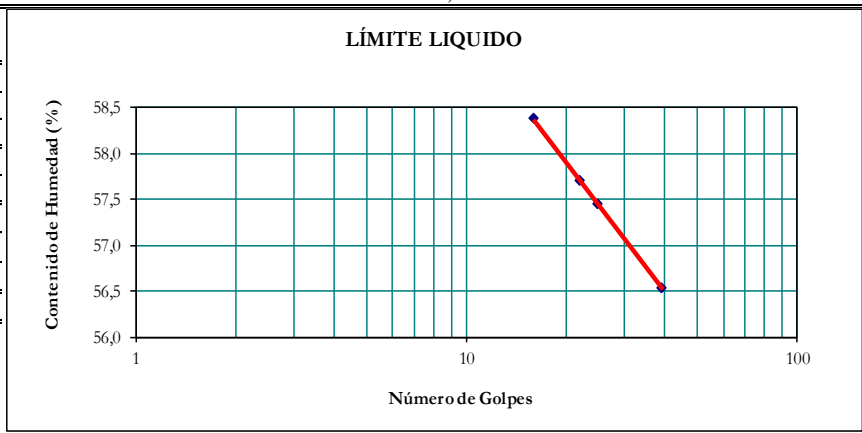
Calicata :	C4
Estrato :	E3
Potencia :	1,45 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
30	24
19	51
16	60
25	35



<b>Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Norma : ASTM D 4318
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Norma : ASTM D 4319
Fecha de Muestreo :	Cajamarca 20/ 03 / 2017

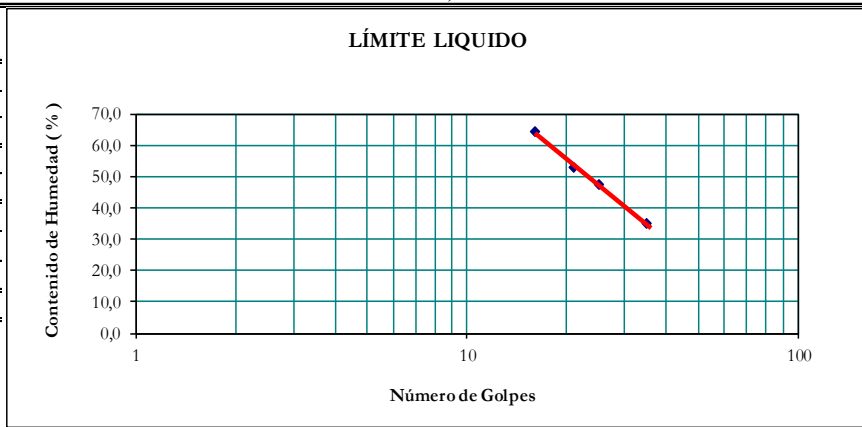
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>		Ubicación : Calicata C5	Potencia : 0,40 m						
		Estrato : E2							
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Limites de Consistencia</b>	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	65,08	66,29	68,40	32,22	31,69	39,19	Límite Líquido: LL =	57%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	55,85	54,94	58,15	30,31	30,53	37,42	Límite Plástico: LP =	30%
Peso de la Tara	Gr	40,04	35,27	40,02	24,32	25,42	32,61	Índice de Plasticidad : IP =	27%
Peso de la Muestra Seca	Gr	15,81	19,67	18,13	5,99	5,11	4,81	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =	21%
Peso del Agua	Gr	9,23	11,35	10,25	1,91	1,16	1,77	Grado de Consistencia : Kw =	1
Contenido de Humedad	%	58,38	57,70	56,54	31,9	22,70	36,80	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		16	22	39	Promedio :			30,46	

Calicata :	C5
Estrato :	E2
Potencia :	0,40 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	58
22	58
39	57
25	57



<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>		Ubicación : Calicata C5	Potencia : 1,50 m						
		Estrato : E3							
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Limites de Consistencia</b>	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	59,81	69,52	72,92	30,12	32,11	32,22	Límite Líquido: LL =	47%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	47,49	55,68	61,78	28,71	31,32	30,92	Límite Plástico: LP =	26%
Peso de la Tara	Gr	28,32	29,61	29,81	24,52	27,31	25,68	Índice de Plasticidad : IP =	21%
Peso de la Muestra Seca	Gr	19,17	26,07	31,97	4,19	4,01	5,24	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> =	19%
Peso del Agua	Gr	12,32	13,84	11,14	1,41	0,79	1,30	Grado de Consistencia : Kw =	1
Contenido de Humedad	%	64,27	53,09	34,85	33,7	19,70	24,81	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		16	21	35	Promedio :			26,05	

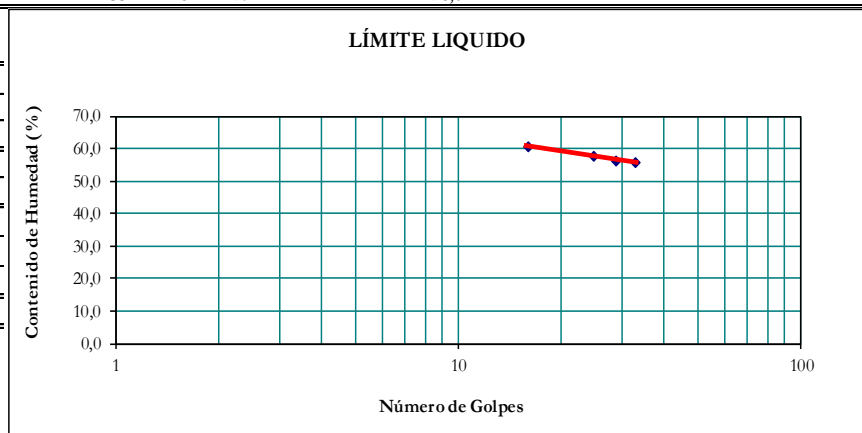
Calicata :	C5
Estrato :	E3
Potencia :	1,50 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	64
21	53
35	35
25	47



<b>Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	Norma : ASTM D 4318
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	Norma : ASTM D 4319
Fecha de Muestreo :	Cajamarca 20/ 03 / 2017

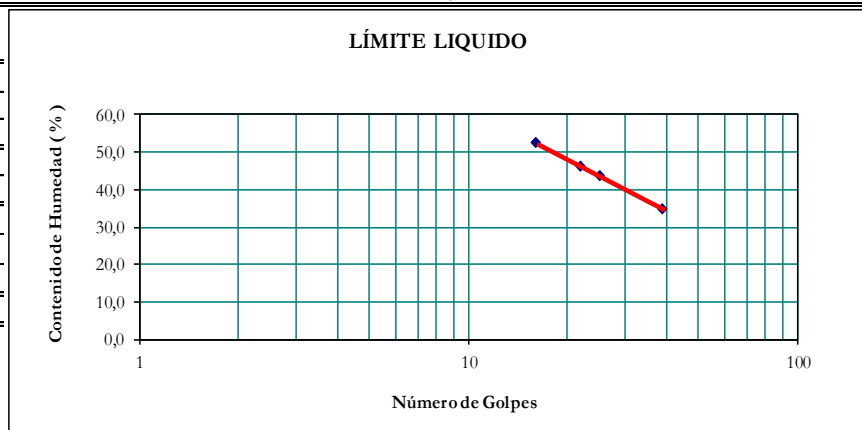
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>		Ubicación : Calicata C6	Potencia : 0,85 m
		Estrato : E2	
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	43,92	49,20
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	39,81	44,21
Peso de la Tara	Gr	32,41	35,98
Peso de la Muestra Seca	Gr	7,40	8,23
Peso del Agua	Gr	4,11	4,99
Contenido de Humedad	%	55,54	60,63
Número de Golpes		33	16
		29	Promedio : 28,01

Calicata :	C6
Estrato :	E2
Potencia :	0,85 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
33	56
16	61
29	56
25	57



<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>		Ubicación : Calicata C6	Potencia : 1,25 m
		Estrato : E3	
		<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>
<b>Tara Número</b>	<b>Unidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	65,17	63,19
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	56,38	54,65
Peso de la Tara	Gr	39,72	36,12
Peso de la Muestra Seca	Gr	16,66	18,53
Peso del Agua	Gr	8,79	8,54
Contenido de Humedad	%	52,76	46,09
Número de Golpes		16	22
		39	Promedio : 40,28

Calicata :	C6
Estrato :	E3
Potencia :	1,25 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	53
22	46
39	35
25	44



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS

Ubicación :	C - 1	Potencia :	0,60 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			66,18
Límite Líquido	LL =		63 %
Límite Plástico	LP =		30 %
Índice de Plasticidad	IP =		33 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>CH</b>	Son arcillas de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 %, y se caracterizan por ser muy compresibles.	

<b>Clasificación de suelos SUCS</b>			
Ubicación :	C - 1	Potencia :	1,45 m
Estrato :	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,55
Límite Líquido	LL =		52 %
Límite Plástico	LP =		47 %
Índice de Plasticidad	IP =		5 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>MH</b>	Son limos de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 % y se caracterizan por ser muy compresibles.	

<b>Clasificación de suelos SUCS</b>			
Ubicación :	C - 2	Potencia :	0,40 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,42
Límite Líquido	LL =		42 %
Límite Plástico	LP =		39 %
Índice de Plasticidad	IP =		3 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	

<i>Clasificación de suelos SUCS</i>		
Ubicación :	C - 2	Potencia: 1,50 m
Estrato :	E - 3	
% Que Pasa la Malla N° 200		64,78
Límite Líquido	LL =	42 %
Límite Plástico	LP =	17 %
Índice de Plasticidad	IP =	25 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>CL</b>	Son arcillas de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.
<i>Clasificación de suelos SUCS</i>		
Ubicación :	C - 3	Potencia: 0,85 m
Estrato :	E - 2	
% Que Pasa la Malla N° 200		65,51
Límite Líquido	LL =	31 %
Límite Plástico	LP =	28 %
Índice de Plasticidad	IP =	3 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.
<i>Clasificación de suelos SUCS</i>		
Ubicación :	C - 3	Potencia: 1,25 m
Estrato :	E - 3	
% Que Pasa la Malla N° 200		65,75
Límite Líquido	LL =	31 %
Límite Plástico	LP =	25 %
Índice de Plasticidad	IP =	6 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.

<i>Clasificación de suelos SUCS</i>			
Ubicación :	C - 4	Potencia :	0,60 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			66,00
Límite Líquido	LL =		44 %
Límite Plástico	LP =		35 %
Índice de Plasticidad	IP =		9 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, con límite líquido menor a 50 % y se caracterizan por ser poco compresibles.	
<i>Clasificación de suelos SUCS</i>			
Ubicación :	C - 4	Potencia :	1,45 m
Estrato :	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,47
Límite Líquido	LL =		35 %
Límite Plástico	LP =		20 %
Índice de Plasticidad	IP =		15 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>CL</b>	Son arcillas de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	
<i>Clasificación de suelos SUCS</i>			
Ubicación :	C - 5	Potencia :	0,40 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			64,62
Límite Líquido	LL =		57 %
Límite Plástico	LP =		30 %
Índice de Plasticidad	IP =		27 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>MH</b>	Son limos de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 % y se caracterizan por ser muy compresibles.	



<i>Clasificación de suelos SUCS</i>		
Ubicación :	C - 5	Potencia : 1,50 m
Estrato :	E - 3	
% Que Pasa la Malla N° 200		67,19
Límite Líquido	LL =	47 %
Límite Plástico	LP =	26 %
Índice de Plasticidad	IP =	21 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>CL</b>	Son arcillas de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.
<i>Clasificación de suelos SUCS</i>		
Ubicación :	C - 6	Potencia : 0,85 m
Estrato :	E - 2	
% Que Pasa la Malla N° 200		63,15
Límite Líquido	LL =	57 %
Límite Plástico	LP =	28 %
Índice de Plasticidad	IP =	29 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>CH</b>	Son arcillas de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 %, y se caracterizan por ser muy compresibles.
<i>Clasificación de suelos SUCS</i>		
Ubicación :	C - 6	Potencia : 1,25 m
Estrato :	E - 3	
% Que Pasa la Malla N° 200		65,94
Límite Líquido	LL =	44 %
Límite Plástico	LP =	40 %
Índice de Plasticidad	IP =	4 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 1</b>	<b>Potencia :</b>	0,40 m
% Que Pasa la Malla N° 200	66,18	<b>Estrato :</b>	<b>E - 2</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	89,21	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	97,09	a =	31,18	IG =	18,00
Límite Líquido	LL = 63 %	b =	40,00		
Límite Plástico	LP = 30 %	c =	20,00		
Índice de Plasticidad :	IP = 33 %	d =	20,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 7</b>				
Suelo :	<b>A - 7 - 5 ( 18 )</b>				
Tipo de Material :	Suelo Arcilloso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 1</b>	<b>Potencia :</b>	1,50 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,55	<b>Estrato :</b>	<b>E - 3</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	89,05	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	97,09	a =	30,55	IG =	8,00
Límite Líquido	LL = 52 %	b =	40,00		
Límite Plástico	LP = 47 %	c =	12,00		
Índice de Plasticidad :	IP = 5 %	d =	0,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 5</b>				
Suelo :	<b>A - 5 ( 8 )</b>				
Tipo de Material :	Suelo Limoso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 2</b>	<b>Potencia :</b>	1,40 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,42	<b>Estrato :</b>	<b>E - 2</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	89,07	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	97,00	a =	30,42	IG =	7,00
Límite Líquido	LL = 42 %	b =	40,00		
Límite Plástico	LP = 39 %	c =	2,00		
Índice de Plasticidad :	IP = 3 %	d =	0,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 5</b>				
Suelo :	<b>A - 5 ( 7 )</b>				
Tipo de Material :	Suelo Limoso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 2</b>	<b>Potencia :</b>	0,30 m
% Que Pasa la Malla N° 200	64,78	<b>Estrato :</b>	<b>E - 3</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	88,66	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,66	a =	29,78	IG =	13,00
Límite Líquido	LL = 42 %	b =	40,00		
Límite Plástico	LP = 17 %	c =	2,00		
Índice de Plasticidad :	IP = 25 %	d =	15,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 7 - 6</b>				
Suelo :	<b>A - 7 - 6 ( 13 )</b>				
Tipo de Material :	Suelo Arcilloso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 3</b>	<b>Potencia :</b>	0,90 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,51	<b>Estrato :</b>	<b>E - 2</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	87,74	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,86	a =	30,51	IG =	7,00
Límite Líquido LL =	31 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	28 %	c =	0,00		
Índice de Plasticidad : IP =	3 %	d =	0,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 4</b>				
Suelo :	<b>A - 4 (7)</b>				
Tipo de Material :	Suelo Limoso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 3</b>	<b>Potencia :</b>	1,20 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,75	<b>Estrato :</b>	<b>E - 3</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	88,19	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,38	a =	30,75	IG =	7,00
Límite Líquido LL =	31 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	25 %	c =	0,00		
Índice de Plasticidad : IP =	6 %	d =	0,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 4</b>				
Suelo :	<b>A - 4 (7)</b>				
Tipo de Material :	Suelo Limoso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 4</b>	<b>Potencia :</b>	0,60 m
% Que Pasa la Malla N° 200	66,00	<b>Estrato :</b>	<b>E - 2</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	88,55	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	97,60	a =	31,00	IG =	7,00
Límite Líquido LL =	44 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	35 %	c =	4,00		
Índice de Plasticidad : IP =	9 %	d =	0,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 5</b>				
Suelo :	<b>A - 5 (7)</b>				
Tipo de Material :	Suelo Limoso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 4</b>	<b>Potencia :</b>	1,45 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,47	<b>Estrato :</b>	<b>E - 3</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	88,80	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,36	a =	30,47	IG =	9,00
Límite Líquido LL =	35 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	20 %	c =	0,00		
Índice de Plasticidad : IP =	15 %	d =	5,00		
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso				
Clasificación de Suelos :	<b>A - 6</b>				
Suelo :	<b>A - 6 (9)</b>				
Tipo de Material :	Suelo Arcilloso				
Terreno de Fundación :	Regular a Malo				

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 5</b>	<b>Potencia :</b>	<b>0,40 m</b>
% Que Pasa la Malla N° 200	64,62	<b>Estrato :</b>	<b>E - 2</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	87,47	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,22	a =	29,62	IG =	16,00
Límite Líquido LL =	57 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	30 %	c =	17,00		
Índice de Plasticidad : IP =	27 %	d =	17,00		
Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso					
Clasificación de Suelos : <b>A - 7 - 5</b>					
Suelo : <b>A - 7 - 5 (16)</b>					
Tipo de Material : Suelo Arcilloso					
Terreno de Fundación : Regular a Malo					
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 5</b>	<b>Potencia :</b>	<b>1,50 m</b>
% Que Pasa la Malla N° 200	67,19	<b>Estrato :</b>	<b>E - 3</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	88,26	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,89	a =	32,19	IG =	12,00
Límite Líquido LL =	47 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	26 %	c =	7,00		
Índice de Plasticidad : IP =	21 %	d =	11,00		
Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso					
Clasificación de Suelos : <b>A - 7 - 6</b>					
Suelo : <b>A - 7 - 6 (12)</b>					
Tipo de Material : Suelo Arcilloso					
Terreno de Fundación : Regular a Malo					
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 6</b>	<b>Potencia :</b>	<b>0,85 m</b>
% Que Pasa la Malla N° 200	63,15	<b>Estrato :</b>	<b>E - 2</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	86,74	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,26	a =	28,15	IG =	16,00
Límite Líquido LL =	57 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	28 %	c =	17,00		
Índice de Plasticidad : IP =	29 %	d =	19,00		
Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso					
Clasificación de Suelos : <b>A - 7 - 6</b>					
Suelo : <b>A - 7 - 7 (16)</b>					
Tipo de Material : Suelo Arcilloso					
Terreno de Fundación : Regular a Malo					
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>					
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación :</b>	<b>C - 6</b>	<b>Potencia :</b>	<b>1,25 m</b>
% Que Pasa la Malla N° 200	65,94	<b>Estrato :</b>	<b>E - 3</b>		
% Que Pasa la Malla N° 40	87,70	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10	96,70	a =	30,94	IG =	7,00
Límite Líquido LL =	44 %	b =	40,00		
Límite Plástico LP =	40 %	c =	4,00		
Índice de Plasticidad : IP =	4 %	d =	0,00		
Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso					
Clasificación de Suelos : <b>A - 5</b>					
Suelo : <b>A - 5 (7)</b>					
Tipo de Material : Suelo Limoso					
Terreno de Fundación : Regular a Malo					

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**Ensayo :** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

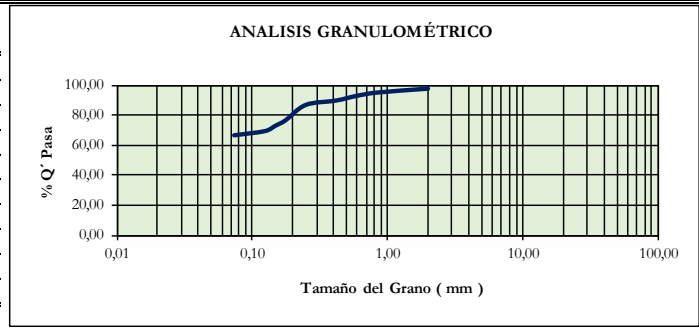
**Norma :** ASTM D 422

**Fecha de Muestreo :** 18/03/2017

Peso Inicial de la Muestra Seca	233,60	Gr	Ubicación :	C1
Peso de la Muestra Después del Labado	230,40	Gr	Estrato :	E2
Perdida por Lavado	3,20	Gr	Potencia:	0,6

Tolerancia 1,37 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	6,8	2,91	97,09
20	0,840	6,1	2,61	94,48
30	0,590	5,20	2,23	92,25
40	0,420	7,10	3,04	89,21
60	0,250	6,80	2,91	86,30
80	0,177	23,90	10,23	76,07
100	0,149	8,40	3,60	72,47
120	0,125	8,20	3,51	68,96
200	0,074	6,50	2,78	66,18
<b>Cazoleta</b>		154,60	66,18	
<b>Total Retenido :</b>		233,60	100,00	

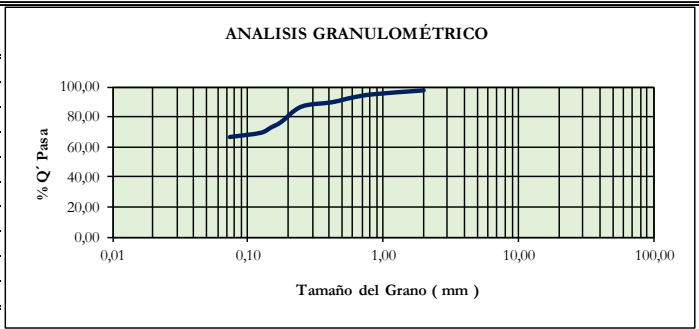


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	247,60	Gr	Ubicación :	C1
Peso de la Muestra Después del Labado	245,30	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	2,30	Gr	Potencia:	1,45

Tolerancia 0,93 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	7,2	2,91	97,09
20	0,840	6,5	2,63	94,47
30	0,590	5,80	2,34	92,12
40	0,420	7,60	3,07	89,05
60	0,250	8,30	3,35	85,70
80	0,177	24,30	9,81	75,89
100	0,149	8,50	3,43	72,46
120	0,125	9,20	3,72	68,74
200	0,074	7,90	3,19	65,55
<b>Cazoleta</b>		162,30	65,55	
<b>Total Retenido :</b>		247,60	100,00	

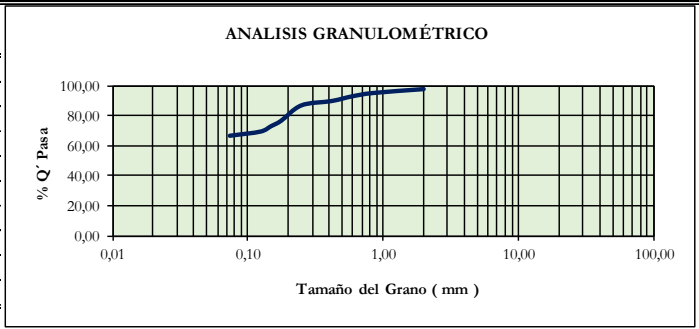


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	239,70	Gr	Ubicación :	C2
Peso de la Muestra Después del Labado	238,50	Gr	Estrato :	E2
Perdida por Lavado	1,20	Gr	Potencia:	0,4

Tolerancia 0,50 % Correcto

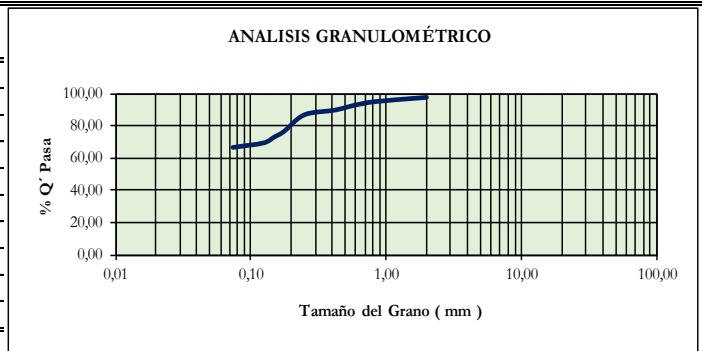
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	7,2	3,00	97,00
20	0,840	6,3	2,63	94,37
30	0,590	5,80	2,42	91,95
40	0,420	6,90	2,88	89,07
60	0,250	7,30	3,05	86,02
80	0,177	24,50	10,22	75,80
100	0,149	8,60	3,59	72,22
120	0,125	8,40	3,50	68,71
200	0,074	7,90	3,30	65,42
<b>Cazoleta</b>		156,80	65,42	
<b>Total Retenido :</b>		239,70	100,00	



**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	257,49	Gr	Ubicación :	C2
Peso de la Muestra Después del Labado	254,30	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	3,19	Gr	Potencia:	1,5
Tolerancia	1,24	%	Correcto	

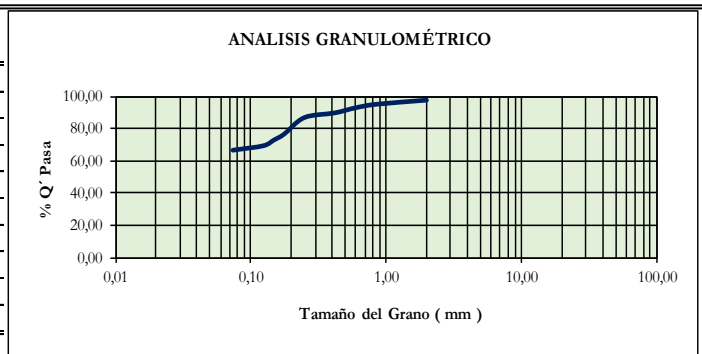
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)
10	2,000	8,6	3,34
20	0,840	5,9	2,29
30	0,590	6,30	2,45
40	0,420	8,40	3,26
60	0,250	9,30	3,61
80	0,177	23,56	9,15
100	0,149	9,53	3,70
120	0,125	10,40	4,04
200	0,074	8,70	3,38
<b>Cazoleta</b>		166,80	64,78
<b>Total Retenido :</b>		257,49	100,00



**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	241,91	Gr	Ubicación :	C3
Peso de la Muestra Después del Labado	238,50	Gr	Estrato :	E2
Perdida por Lavado	3,41	Gr	Potencia:	0,85
Tolerancia	1,41	%	Correcto	

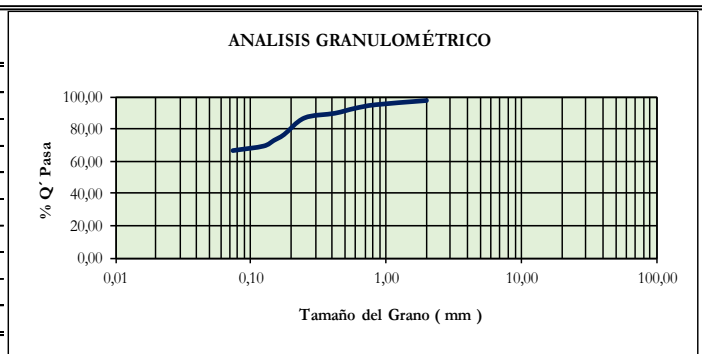
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)
10	2,000	7,6	3,14
20	0,840	5,8	2,40
30	0,590	8,13	3,36
40	0,420	8,12	3,36
60	0,250	7,14	2,95
80	0,177	22,45	9,28
100	0,149	9,40	3,89
120	0,125	7,60	3,14
200	0,074	7,20	2,98
<b>Cazoleta</b>		158,47	65,51
<b>Total Retenido :</b>		241,91	100,00



**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	262,50	Gr	Ubicación :	C3
Peso de la Muestra Después del Labado	259,30	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	3,20	Gr	Potencia:	1,25
Tolerancia	1,22	%	Correcto	

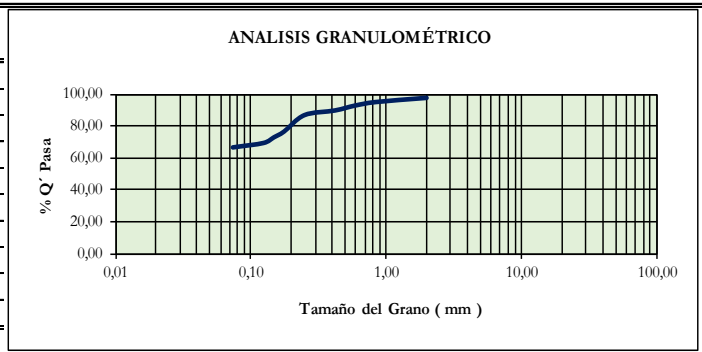
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)
10	2,000	9,5	3,62
20	0,840	6,4	2,44
30	0,590	6,70	2,55
40	0,420	8,40	3,20
60	0,250	7,40	2,82
80	0,177	23,60	8,99
100	0,149	9,80	3,73
120	0,125	8,60	3,28
200	0,074	9,50	3,62
<b>Cazoleta</b>		172,60	65,75
<b>Total Retenido :</b>		262,50	100,00



**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

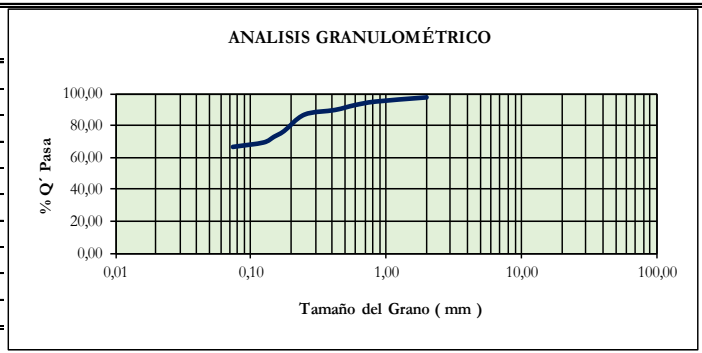
Peso Inicial de la Muestra Seca	246,20	Gr	Ubicación :	C4
Peso de la Muestra Después del Labado	244,60	Gr	Estrato :	E2
Perdida por Lavado	1,60	Gr	Potencia:	0,6
Tolerancia	0,65	%	Correcto	

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)	% Q' Pasa
10	2,000	5,9	2,40	97,60
20	0,840	7,8	3,17	94,44
30	0,590	6,30	2,56	91,88
40	0,420	8,20	3,33	88,55
60	0,250	7,40	3,01	85,54
80	0,177	22,90	9,30	76,24
100	0,149	8,50	3,45	72,79
120	0,125	9,30	3,78	69,01
200	0,074	7,40	3,01	66,00
<b>Cazoleta</b>		162,50	66,00	
<b>Total Retenido :</b>		246,20	100,00	

**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

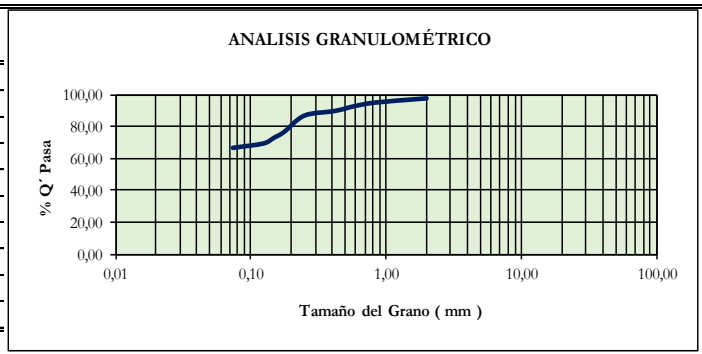
Peso Inicial de la Muestra Seca	269,60	Gr	Ubicación :	C4
Peso de la Muestra Después del Labado	264,50	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	5,10	Gr	Potencia:	1,45
Tolerancia	1,89	%	Correcto	

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)	% Q' Pasa
10	2,000	9,8	3,64	96,36
20	0,840	7,5	2,78	93,58
30	0,590	6,50	2,41	91,17
40	0,420	6,40	2,37	88,80
60	0,250	9,30	3,45	85,35
80	0,177	27,50	10,20	75,15
100	0,149	9,20	3,41	71,74
120	0,125	8,60	3,19	68,55
200	0,074	8,30	3,08	65,47
<b>Cazoleta</b>		176,50	65,47	
<b>Total Retenido :</b>		269,60	100,00	

**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	251,30	Gr	Ubicación :	C5
Peso de la Muestra Después del Labado	247,60	Gr	Estrato :	E2
Perdida por Lavado	3,70	Gr	Potencia:	0,4
Tolerancia	1,47	%	Correcto	

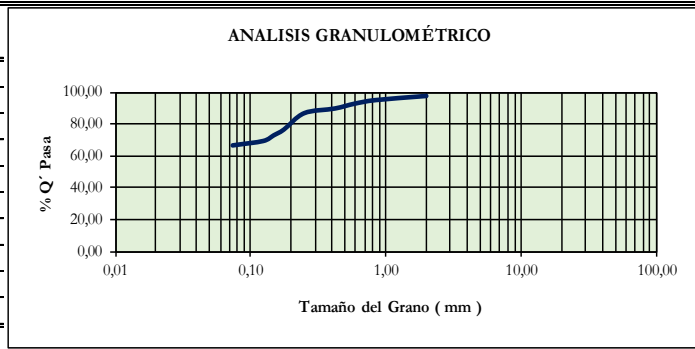
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)	% Q' Pasa
10	2,000	9,5	3,78	96,22
20	0,840	6,7	2,67	93,55
30	0,590	5,90	2,35	91,21
40	0,420	9,40	3,74	87,47
60	0,250	7,60	3,02	84,44
80	0,177	22,80	9,07	75,37
100	0,149	10,30	4,10	71,27
120	0,125	9,50	3,78	67,49
200	0,074	7,20	2,87	64,62
<b>Cazoleta</b>		162,40	64,62	
<b>Total Retenido :</b>		251,30	100,00	



**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

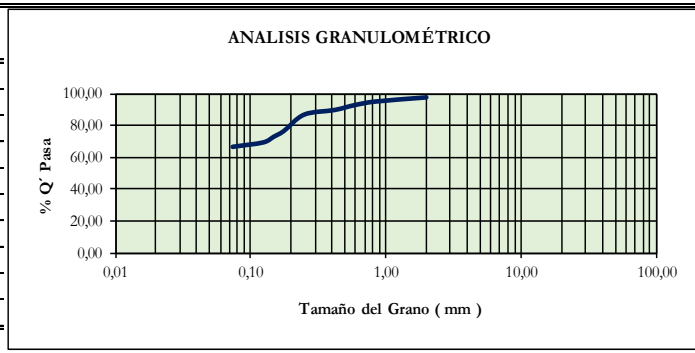
Peso Inicial de la Muestra Seca	263,30	Gr	Ubicación :	C5
Peso de la Muestra Después del Labado	258,70	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	4,60	Gr	Potencia:	1,45
Tolerancia	1,75	%	Correcto	

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	8,2	3,11	96,89
20	0,840	7,9	3,00	93,89
30	0,590	6,40	2,43	91,45
40	0,420	8,40	3,19	88,26
60	0,250	9,30	3,53	84,73
80	0,177	19,70	7,48	77,25
100	0,149	9,60	3,65	73,60
120	0,125	8,40	3,19	70,41
200	0,074	8,50	3,23	67,19
<b>Cazoleta</b>		176,90	67,19	
<b>Total Retenido :</b>		263,30	100,00	

**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

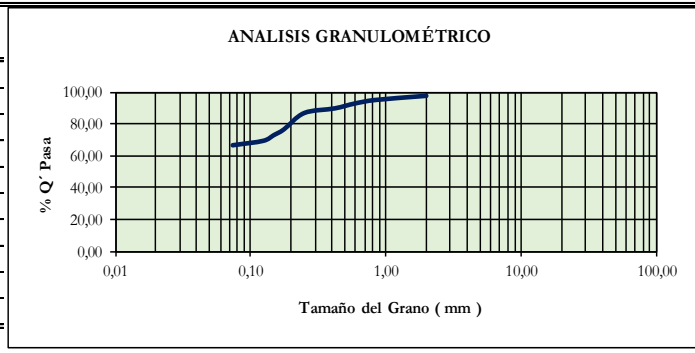
Peso Inicial de la Muestra Seca	230,10	Gr	Ubicación :	C6
Peso de la Muestra Después del Labado	227,40	Gr	Estrato :	E2
Perdida por Lavado	2,70	Gr	Potencia:	0,85
Tolerancia	1,17	%	Correcto	

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	8,6	3,74	96,26
20	0,840	7,4	3,22	93,05
30	0,590	6,30	2,74	90,31
40	0,420	8,20	3,56	86,74
60	0,250	8,60	3,74	83,01
80	0,177	20,50	8,91	74,10
100	0,149	9,40	4,09	70,01
120	0,125	8,30	3,61	66,41
200	0,074	7,50	3,26	63,15
<b>Cazoleta</b>		145,30	63,15	
<b>Total Retenido :</b>		230,10	100,00	

**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	261,00	Gr	Ubicación :	C6
Peso de la Muestra Después del Labado	257,60	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	3,40	Gr	Potencia:	1,25
Tolerancia	1,30	%	Correcto	

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	8,6	3,30	96,70
20	0,840	7,4	2,84	93,87
30	0,590	6,80	2,61	91,26
40	0,420	9,30	3,56	87,70
60	0,250	8,20	3,14	84,56
80	0,177	22,30	8,54	76,02
100	0,149	9,70	3,72	72,30
120	0,125	8,40	3,22	69,08
200	0,074	8,20	3,14	65,94
<b>Cazoleta</b>		172,10	65,94	
<b>Total Retenido :</b>		261,00	100,00	

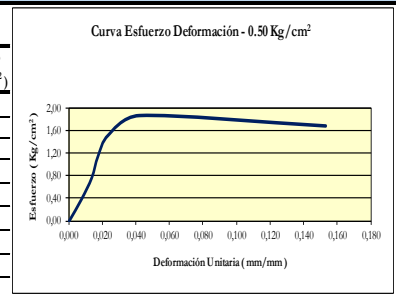




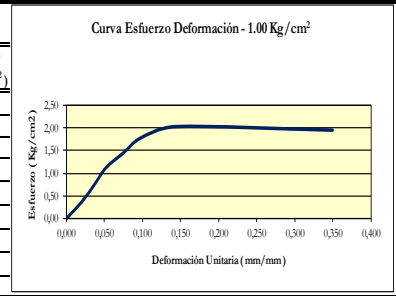


Ensayo:	ENSAYO TRIAXIAL	Fecha de Muestreo:	18/03/2017
Norma:	ASTM D 2850		

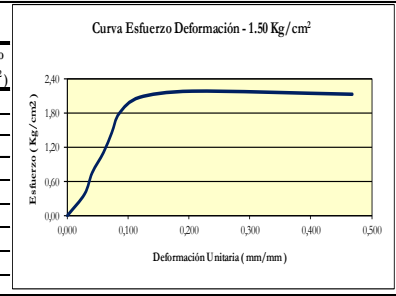
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación: C2	
		Estrato: E3	Potencia: 1,50 m
Altura Inicial de la Muestra:	Ho = 8,09 cm	Tiempo	Garga
Dímetro de la Muestra:	Do = 4,04 cm	(Minutos)	(Kg)
Área Inicial de la Muestra:	Ao = 12,82 cm <sup>2</sup>		
Contenido de Humedad:	W (%) = 19,22		
Observaciones:			
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_c = 1,87$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00
Esfuerzo:	$\sigma_1 = 2,37$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00
Esfuerzo de Ensayo:	$\sigma_3 = 0,50$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00
Órgen:	O <sub>1</sub> = 1,43 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	25,50
Radio:	R <sub>1</sub> = 0,93 Kg/cm <sup>2</sup>		



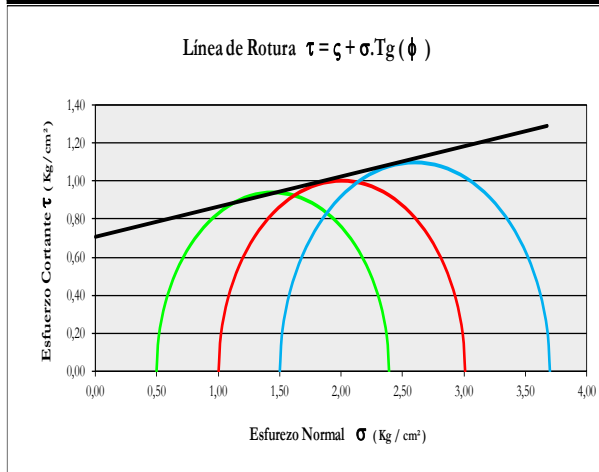
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación: C2	
		Estrato: E3	Potencia: 1,50 m
Altura Inicial de la Muestra:	Ho = 8,05 cm	Tiempo	Garga
Dímetro de la Muestra:	Do = 4,02 cm	(Minutos)	(Kg)
Área Inicial de la Muestra:	Ao = 12,69 cm <sup>2</sup>		
Contenido de Humedad:	W (%) = 19,22		
Observaciones:			
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_c = 2,02$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00
Esfuerzo:	$\sigma_1 = 3,02$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00
Esfuerzo de Ensayo:	$\sigma_3 = 1,00$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00
Órgen:	O <sub>1</sub> = 2,01 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00
Radio:	R <sub>1</sub> = 1,01 Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	38,00



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación: C2	
		Estrato: E3	Potencia: 1,50 m
Altura Inicial de la Muestra:	Ho = 8,07 cm	Tiempo	Garga
Dímetro de la Muestra:	Do = 4,03 cm	(Minutos)	(Kg)
Área Inicial de la Muestra:	Ao = 12,76 cm <sup>2</sup>		
Contenido de Humedad:	W (%) = 19,22		
Observaciones:			
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_c = 2,18$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00
Esfuerzo:	$\sigma_1 = 3,68$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00
Esfuerzo de Ensayo:	$\sigma_3 = 1,50$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00
Órgen:	O <sub>1</sub> = 2,39 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00
Radio:	R <sub>1</sub> = 1,09 Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	35,00



Fuerza de atracción entre partículas	Cohesión:	$\zeta = 0,71$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1 = 3,68$ Kg/cm <sup>2</sup>	Variación de $\theta$	11,25	Variación de $\theta$	11,25	Variación de $\theta$	11,25
Ángulo de Fricción Interna:		$\phi = 9^\circ$	$\tau = 1,29$ Kg/cm <sup>2</sup>	Órgen:	O <sub>1</sub> = 1,43	Órgen:	O <sub>2</sub> = 2,01	Órgen:	O <sub>3</sub> = 2,59



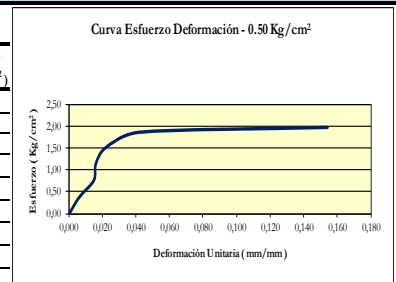
Radio:	R <sub>1</sub> = 0,93	Radio:	R <sub>2</sub> = 1,01	Radio:	R <sub>3</sub> = 1,09			
$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	0,00	0	1,50	0,00
11,25	0,52	0,18	11,25	1,02	0,20	11,25	1,52	0,21
22,5	0,57	0,36	22,5	1,08	0,38	22,5	1,58	0,42
33,75	0,66	0,52	33,75	1,17	0,56	33,75	1,69	0,61
45	0,78	0,67	45	1,29	0,71	45	1,82	0,78
56,25	0,92	0,78	56,25	1,45	0,84	56,25	1,99	0,91
67,5	1,08	0,87	67,5	1,62	0,93	67,5	2,18	1,02
78,75	1,26	0,93	78,75	1,81	0,99	78,75	2,39	1,08
90	1,44	0,94	90	2,00	1,00	90	2,60	1,10
101,25	1,63	0,93	101,25	2,20	0,99	101,25	2,81	1,08
112,5	1,80	0,87	112,5	2,39	0,93	112,5	3,02	1,02
123,75	1,97	0,78	123,75	2,56	0,84	123,75	3,21	0,91
135	2,11	0,67	135	2,71	0,71	135	3,38	0,78
146,25	2,23	0,52	146,25	2,84	0,56	146,25	3,51	0,61
157,5	2,32	0,36	157,5	2,93	0,38	157,5	3,62	0,42
168,75	2,37	0,18	168,75	2,99	0,20	168,75	3,68	0,21
180	2,39	0,00	180	3,01	0,00	180	3,70	0,00

Puntos de la Recta	(0,00, 0,71)	(3,68, 1,29)
--------------------	--------------	--------------

Ensayo : ENSAYO TRIAXIAL Fecha de Muestreo : 18/03/2017  
 Norma : ASTM D 2850

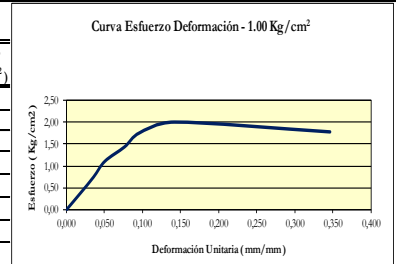
Ubicación: C3  
 Estrato: E3 Potencia: 1,25 m

Altura Inicial de la Muestra:	Ho =	8,10	cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación	Area Corregida	Deformación	Esfuerzo
Díametro de la Muestra:	Do =	4,03	cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	Unitaria	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Area Inicial de la Muestra:	Ao =	12,76	cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	12,736	0,0000	0,00
Contenido de Humedad:	W (%) =	26,56		1,00	5,00	0,39	0,05	12,835	0,0062	0,39
Observaciones:		2,00	10,00	0,78	0,12	12,947	0,0148	0,77		
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_e =$	1,99	Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,18	0,13	12,964	0,0160	1,16
Esfuerzo:	$\sigma_1 =$	2,49	Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,57	0,18	13,045	0,0222	1,53
Esfuerzo de Ensayo:	$\sigma_3 =$	0,50	Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,96	0,34	13,314	0,0420	1,88
Origen:	O <sub>1</sub> =	1,49	Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,35	1,25	15,083	0,1543	1,99
Radio:	R <sub>1</sub> =	0,99	Kg/cm <sup>2</sup>							



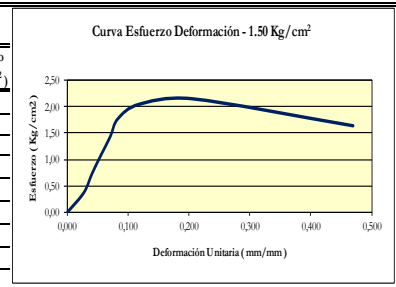
Ubicación: C3  
 Estrato: E3 Potencia: 1,25 m

Altura Inicial de la Muestra:	Ho =	8,10	cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación	Area Corregida	Deformación	Esfuerzo
Díametro de la Muestra:	Do =	4,04	cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	Unitaria	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Area Inicial de la Muestra:	Ao =	12,82	cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	12,819	0,0000	0,00
Contenido de Humedad:	W (%) =	26,56		1,00	5,00	0,39	0,15	13,061	0,0185	0,38
Observaciones:		2,00	10,00	0,78	0,29	13,295	0,0358	0,75		
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_e =$	2,01	Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,17	0,41	13,502	0,0506	1,11
Esfuerzo:	$\sigma_1 =$	3,01	Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,56	0,62	13,881	0,0765	1,44
Esfuerzo de Ensayo:	$\sigma_3 =$	1,00	Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,95	0,78	14,185	0,0963	1,76
Origen:	O <sub>1</sub> =	2,00	Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,34	1,15	14,940	0,1420	2,01
Radio:	R <sub>1</sub> =	1,00	Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	35,00	2,73	2,81	19,628	0,3469	1,78

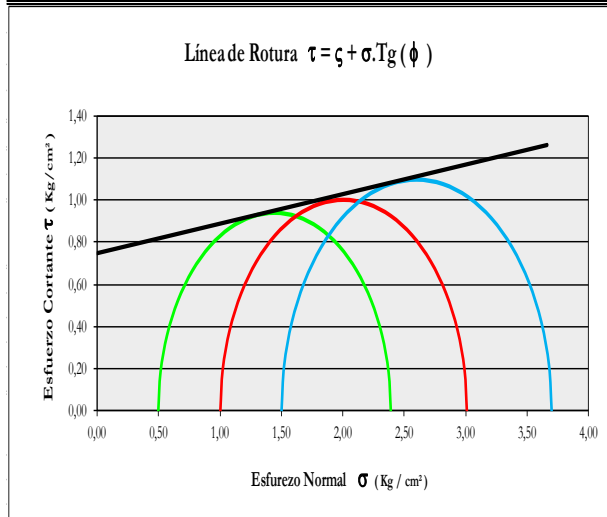


Ubicación: C3  
 Estrato: E3 Potencia: 1,25 m

Altura Inicial de la Muestra:	Ho =	8,07	cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación	Area Corregida	Deformación	Esfuerzo
Díametro de la Muestra:	Do =	4,05	cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	Unitaria	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Area Inicial de la Muestra:	Ao =	12,88	cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	12,882	0,0000	0,00
Contenido de Humedad:	W (%) =	26,56		1,00	5,00	0,39	0,22	13,244	0,0273	0,38
Observaciones:		2,00	10,00	0,78	0,33	13,432	0,0409	0,74		
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_e =$	2,16	Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,16	0,45	13,643	0,0558	1,10
Esfuerzo:	$\sigma_1 =$	3,66	Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,55	0,57	13,862	0,0706	1,44
Esfuerzo de Ensayo:	$\sigma_3 =$	1,50	Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,94	0,67	14,049	0,0830	1,78
Origen:	O <sub>1</sub> =	2,58	Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,33	0,95	14,601	0,1177	2,05
Radio:	R <sub>1</sub> =	1,08	Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	35,00	2,72	1,65	16,193	0,2045	2,16
				8,00	40,00	3,10	3,79	24,290	0,4696	1,65



Fuerza de atracción entre partículas Cohesión :  $\zeta = 0,75$  Kg/cm<sup>2</sup>  $\sigma_1 = 3,66$  Kg/cm<sup>2</sup> Variación de  $\theta$  11,25 Variación de  $\theta$  11,25 Variación de  $\theta$  11,25  
 Ángulo de Fricción Interna :  $\phi = 8^\circ$   $\tau = 1,26$  Kg/cm<sup>2</sup> Origen : O<sub>1</sub> = 1,49 Origen : O<sub>2</sub> = 2,00 Origen : O<sub>3</sub> = 2,58



Radio	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>					
	0,99	1,00	1,08					
$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	0,00	0	1,50	0,00
11,25	0,52	0,18	11,25	1,02	0,20	11,25	1,52	0,21
22,5	0,57	0,36	22,5	1,08	0,38	22,5	1,58	0,42
33,75	0,66	0,52	33,75	1,17	0,56	33,75	1,60	0,61
45	0,78	0,67	45	1,29	0,71	45	1,82	0,78
56,25	0,92	0,78	56,25	1,45	0,84	56,25	1,99	0,91
67,5	1,08	0,87	67,5	1,62	0,93	67,5	2,18	1,02
78,75	1,26	0,93	78,75	1,81	0,99	78,75	2,39	1,08
90	1,44	0,94	90	2,00	1,00	90	2,60	1,10
101,25	1,63	0,93	101,25	2,20	0,99	101,25	2,81	1,08
112,5	1,80	0,87	112,5	2,39	0,93	112,5	3,02	1,02
123,75	1,97	0,78	123,75	2,56	0,84	123,75	3,21	0,91
135	2,11	0,67	135	2,71	0,71	135	3,38	0,78
146,25	2,23	0,52	146,25	2,84	0,56	146,25	3,51	0,61
157,5	2,32	0,36	157,5	2,93	0,38	157,5	3,62	0,42
168,75	2,37	0,18	168,75	2,99	0,20	168,75	3,68	0,21
180	2,39	0,00	180	3,01	0,00	180	3,70	0,00

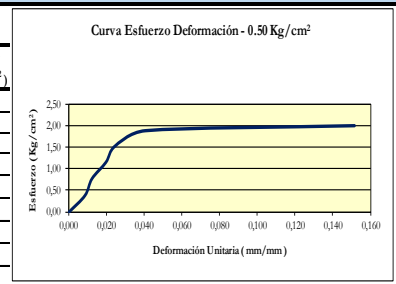
Puntos de la Recta  $\tau = \zeta + \sigma \cdot \text{Tg}(\phi)$   
 3,66 1,26

Ensayo : **ENSAYO TRIAXIAL** Fecha de Muestreo : 18/03/2017  
 Norma : **ASTM D 2850**

Ubicación : C4

ENSAYO TRIAXIAL Estrato : E3 Potencia : 1,45 m

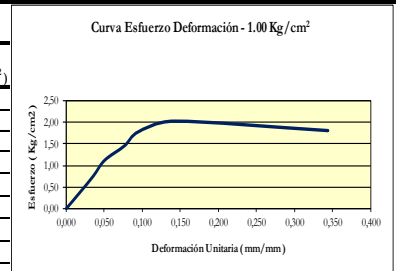
		Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,11	cm	Tiempo (Minutos)	Garga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (cm)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
Díametro de la Muestra : Do =	4,02	cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,692	0,0000	0,00	
Área Inicial de la Muestra : Ao =	12,69	cm <sup>2</sup>	1,00	5,00	0,39	0,07	12,803	0,0086	0,39		
Contenido de Humedad : W (%) =	31,51		2,00	10,00	0,79	0,10	12,851	0,0123	0,78		
Observaciones :			3,00	15,00	1,18	0,16	12,948	0,0197	1,16		
Esfuerzo de Falla : $\sigma_x =$	2,01	Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,58	0,20	13,013	0,0247	1,54		
Esfuerzo : $\sigma_1 =$	2,51	Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,97	0,33	13,231	0,0407	1,89		
Esfuerzo de Ensayo : $\sigma_3 =$	0,50	Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,36	1,23	14,961	0,1517	2,01		
Óngen : $O_1 =$	1,50	Kg/cm <sup>2</sup>									
Radio : $R_1 =$	1,00	Kg/cm <sup>2</sup>									



Ubicación : C4

ENSAYO TRIAXIAL Estrato : E3 Potencia : 1,45 m

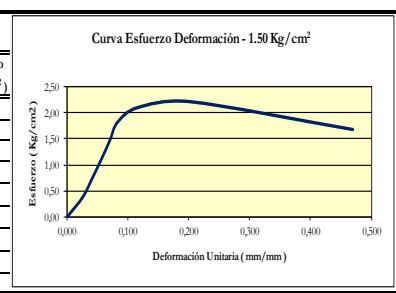
		Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,11	cm	Tiempo (Minutos)	Garga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (cm)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
Díametro de la Muestra : Do =	4,03	cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,736	0,0000	0,00	
Área Inicial de la Muestra : Ao =	12,76	cm <sup>2</sup>	1,00	5,00	0,39	0,15	12,996	0,0185	0,38		
Contenido de Humedad : W (%) =	31,51		2,00	10,00	0,78	0,29	13,229	0,0358	0,76		
Observaciones :			3,00	15,00	1,18	0,41	13,435	0,0506	1,12		
Esfuerzo de Falla : $\sigma_x =$	2,02	Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,57	0,62	13,811	0,0764	1,45		
Esfuerzo : $\sigma_1 =$	3,02	Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,96	0,77	14,094	0,0949	1,77		
Esfuerzo de Ensayo : $\sigma_3 =$	1,00	Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,35	1,15	14,863	0,1418	2,02		
Óngen : $O_1 =$	2,01	Kg/cm <sup>2</sup>									
Radio : $R_1 =$	1,01	Kg/cm <sup>2</sup>									



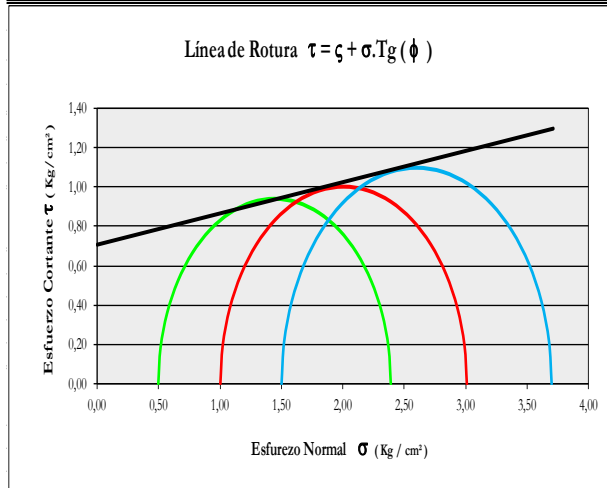
Ubicación : C4

ENSAYO TRIAXIAL Estrato : E3 Potencia : 1,45 m

		Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,08	cm	Tiempo (Minutos)	Garga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (cm)	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Deformación Unitaria	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
Díametro de la Muestra : Do =	4,01	cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,629	0,0000	0,00	
Área Inicial de la Muestra : Ao =	12,63	cm <sup>2</sup>	1,00	5,00	0,40	0,21	12,966	0,0260	0,39		
Contenido de Humedad : W (%) =	31,51		2,00	10,00	0,79	0,34	13,184	0,0421	0,76		
Observaciones :			3,00	15,00	1,19	0,46	13,392	0,0569	1,12		
Esfuerzo de Falla : $\sigma_x =$	2,21	Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,58	0,57	13,588	0,0705	1,47		
Esfuerzo : $\sigma_1 =$	3,71	Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,98	0,67	13,771	0,0829	1,82		
Esfuerzo de Ensayo : $\sigma_3 =$	1,50	Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,38	0,94	14,292	0,1163	2,10		
Óngen : $O_1 =$	2,61	Kg/cm <sup>2</sup>									
Radio : $R_1 =$	1,11	Kg/cm <sup>2</sup>									



Fuerza de atracción entre partículas Cohesión :  $\zeta = 0,71$  Kg/cm<sup>2</sup>  $\sigma_1 = 3,71$  Kg/cm<sup>2</sup> Variación de  $\theta$  11,25  
 Ángulo de Fricción Interna :  $\phi = 9^\circ$   $\tau = 1,30$  Kg/cm<sup>2</sup> Origen :  $O_1 = 1,50$  Origen :  $O_2 = 2,01$  Origen :  $O_3 = 2,61$

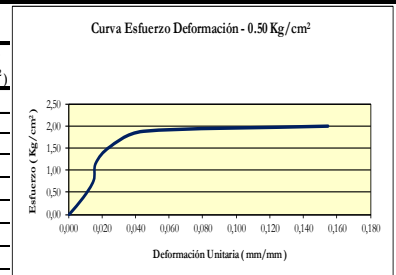


$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	0,00	0	1,50	0,00
11,25	0,52	0,18	11,25	1,02	0,20	11,25	1,52	0,21
22,5	0,57	0,36	22,5	1,08	0,38	22,5	1,58	0,42
33,75	0,66	0,52	33,75	1,17	0,56	33,75	1,69	0,61
45	0,78	0,67	45	1,29	0,71	45	1,82	0,78
56,25	0,92	0,78	56,25	1,45	0,84	56,25	1,99	0,91
67,5	1,08	0,87	67,5	1,62	0,93	67,5	2,18	1,02
78,75	1,26	0,93	78,75	1,81	0,99	78,75	2,39	1,08
90	1,44	0,94	90	2,00	1,00	90	2,60	1,10
101,25	1,63	0,93	101,25	2,20	0,99	101,25	2,81	1,08
112,5	1,80	0,87	112,5	2,39	0,93	112,5	3,02	1,02
123,75	1,97	0,78	123,75	2,56	0,84	123,75	3,21	0,91
135	2,11	0,67	135	2,71	0,71	135	3,38	0,78
146,25	2,23	0,52	146,25	2,84	0,56	146,25	3,51	0,61
157,5	2,32	0,36	157,5	2,93	0,38	157,5	3,62	0,42
168,75	2,37	0,18	168,75	2,99	0,20	168,75	3,68	0,21
180	2,39	0,00	180	3,01	0,00	180	3,70	0,00

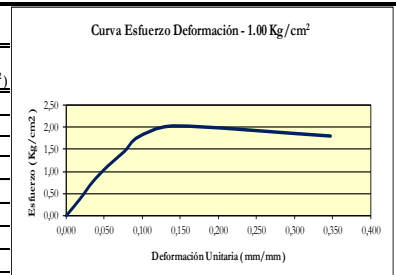
Puntos de la Recta :  $\tau = 0,00$   $\zeta = 0,71$   
 $\tau = 3,72$   $\zeta = 1,30$

Ensayo : ENSAYO TRIAXIAL	Fecha de Muestreo : 18/03/2017
Norma : ASTM D 2850	

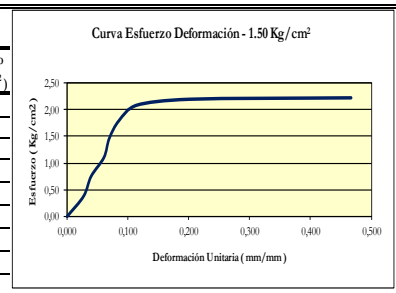
Ubicación : C5		Estrato : E3		Potencia : 1,50 m				
Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,08 cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación	Area Corregida	Deformación	Esfuerzo
Dímetro de la Muestra : Do =	4,02 cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	Unitaria	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Area Inicial de la Muestra : Ao =	12,69 cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	12,692	0,0000	0,00
Contenido de Humedad : W (%) =	18,85	1,00	5,00	0,39	0,07	12,803	0,0087	0,39
Observaciones :		2,00	10,00	0,79	0,12	12,884	0,0149	0,78
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_e = 2,00$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,18	0,13	12,900	0,0161	1,16
Esfuerzo :	$\sigma_1 = 2,50$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,58	0,20	13,014	0,0248	1,54
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 = 0,50$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,97	0,36	13,284	0,0446	1,88
Órgen :	O <sub>1</sub> = 1,50 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,36	1,25	15,015	0,1547	2,00
Radio :	R <sub>1</sub> = 1,00 Kg/cm <sup>2</sup>							



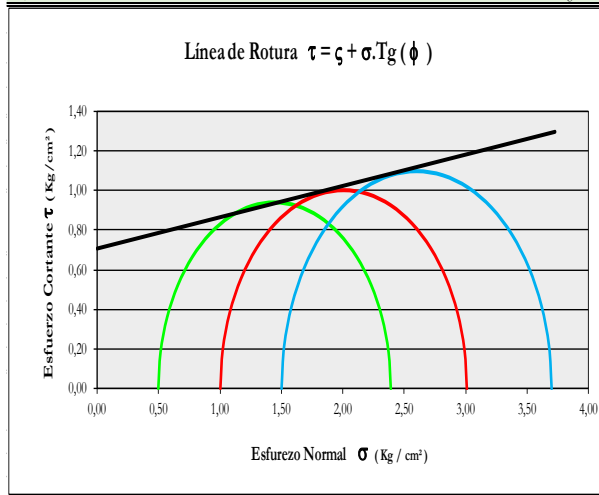
Ubicación : C5		Estrato : E3		Potencia : 1,50 m				
Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,09 cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación	Area Corregida	Deformación	Esfuerzo
Dímetro de la Muestra : Do =	4,03 cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	Unitaria	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Area Inicial de la Muestra : Ao =	12,76 cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	12,756	0,0000	0,00
Contenido de Humedad : W (%) =	18,85	1,00	5,00	0,39	0,15	12,997	0,0185	0,38
Observaciones :		2,00	10,00	0,78	0,28	13,213	0,0346	0,76
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_e = 2,02$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,18	0,44	13,489	0,0544	1,11
Esfuerzo :	$\sigma_1 = 3,02$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,57	0,62	13,814	0,0766	1,45
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 = 1,00$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,96	0,77	14,097	0,0952	1,77
Órgen :	O <sub>1</sub> = 2,01 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,35	1,15	14,869	0,1422	2,02
Radio :	R <sub>1</sub> = 1,01 Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	35,00	2,74	2,81	19,544	0,3473	1,79



Ubicación : C5		Estrato : E3		Potencia : 1,50 m				
Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,08 cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación	Area Corregida	Deformación	Esfuerzo
Dímetro de la Muestra : Do =	4,02 cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	Unitaria	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Area Inicial de la Muestra : Ao =	12,69 cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	12,692	0,0000	0,00
Contenido de Humedad : W (%) =	18,85	1,00	5,00	0,39	0,22	13,048	0,0272	0,38
Observaciones :		2,00	10,00	0,79	0,32	13,216	0,0396	0,76
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_e = 2,23$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,18	0,49	13,512	0,0606	1,11
Esfuerzo :	$\sigma_1 = 3,73$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,58	0,56	13,638	0,0693	1,47
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 = 1,50$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,97	0,69	13,877	0,0854	1,80
Órgen :	O <sub>1</sub> = 2,61 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,36	0,93	14,343	0,1151	2,09
Radio :	R <sub>1</sub> = 1,11 Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	35,00	2,76	1,63	15,900	0,2017	2,20
		8,00	53,00	4,18	3,77	23,794	0,4666	2,23



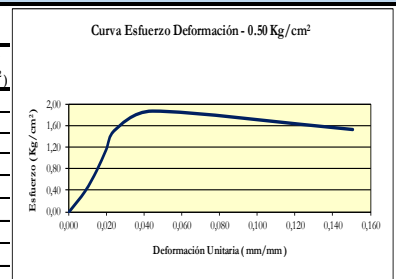
Fuerza de atracción entre partículas	Cohesión : $\zeta = 0,71$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1 = 3,73$ Kg/cm <sup>2</sup>	Variación de $\theta$	11,25	Variación de $\theta$	11,25	Variación de $\theta$	11,25
Ángulo de Fricción Interna :	$\phi = 9^\circ$	$\tau = 1,30$ Kg/cm <sup>2</sup>	Órgen :	O <sub>1</sub> = 1,50	Órgen :	O <sub>2</sub> = 2,01	Órgen :	O <sub>3</sub> = 2,61



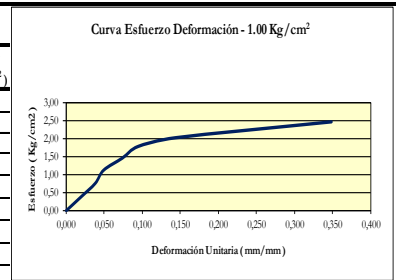
Radio :	R <sub>1</sub> = 1,00	Radio :	R <sub>2</sub> = 1,01	Radio :	R <sub>3</sub> = 1,11			
$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	0,00	0	1,50	0,00
11,25	0,52	0,18	11,25	1,02	0,20	11,25	1,52	0,21
22,5	0,57	0,36	22,5	1,08	0,38	22,5	1,58	0,42
33,75	0,66	0,52	33,75	1,17	0,56	33,75	1,69	0,61
45	0,78	0,67	45	1,29	0,71	45	1,82	0,78
56,25	0,92	0,78	56,25	1,45	0,84	56,25	1,99	0,91
67,5	1,08	0,87	67,5	1,62	0,93	67,5	2,18	1,02
78,75	1,26	0,93	78,75	1,81	0,99	78,75	2,39	1,08
90	1,44	0,94	90	2,00	1,00	90	2,60	1,10
101,25	1,63	0,93	101,25	2,20	0,99	101,25	2,81	1,08
112,5	1,80	0,87	112,5	2,39	0,93	112,5	3,02	1,02
123,75	1,97	0,78	123,75	2,56	0,84	123,75	3,21	0,91
135	2,11	0,67	135	2,71	0,71	135	3,38	0,78
146,25	2,23	0,52	146,25	2,84	0,56	146,25	3,51	0,61
157,5	2,32	0,36	157,5	2,93	0,38	157,5	3,62	0,42
168,75	2,37	0,18	168,75	2,99	0,20	168,75	3,68	0,21
180	2,39	0,00	180	3,01	0,00	180	3,70	0,00
Puntos de la Recta	0,00	0,71						
	3,73	1,30						

Ensayo :	ENSAYO TRIAXIAL	Fecha de Muestreo :	18/03/2017
Norma :	ASTM D 2850		

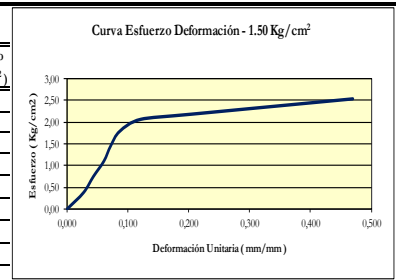
Ubicación : C6		Estrato : E3		Potencia : 1,25 m	
Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,09 cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación
Díametro de la Muestra : Do =	4,02 cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)
Área Inicial de la Muestra : Ao =	12,69 cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Contenido de Humedad : W (%) =	27,13	1,00	5,00	0,39	0,07
Observaciones :		2,00	10,00	0,79	0,12
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_x = 1,88$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,18	0,16
Esfuerzo :	$\sigma_1 = 2,38$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,58	0,20
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 = 0,50$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,97	0,36
Origen :	O <sub>1</sub> = 1,44 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	23,00	1,81	1,22
Radio :	R <sub>1</sub> = 0,94 Kg/cm <sup>2</sup>				



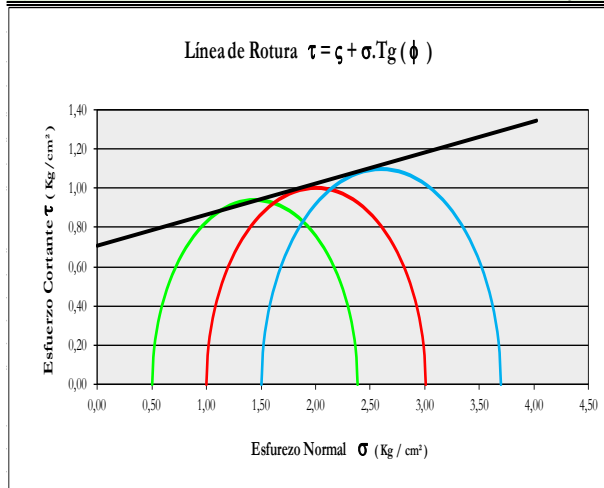
Ubicación : C6		Estrato : E3		Potencia : 1,25 m	
Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,11 cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación
Díametro de la Muestra : Do =	4,01 cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)
Área Inicial de la Muestra : Ao =	12,63 cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Contenido de Humedad : W (%) =	27,13	1,00	5,00	0,40	0,16
Observaciones :		2,00	10,00	0,79	0,31
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_x = 2,47$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,19	0,40
Esfuerzo :	$\sigma_1 = 3,47$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,58	0,60
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 = 1,00$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,98	0,77
Origen :	O <sub>1</sub> = 2,24 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,38	1,17
Radio :	R <sub>1</sub> = 1,24 Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	48,00	3,80	2,83



Ubicación : C6		Estrato : E3		Potencia : 1,25 m	
Altura Inicial de la Muestra : Ho =	8,10 cm	Tiempo	Garga	Esfuerzo	Deformación
Díametro de la Muestra : Do =	4,04 cm	(Minutos)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(cm)
Área Inicial de la Muestra : Ao =	12,82 cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Contenido de Humedad : W (%) =	27,13	1,00	5,00	0,39	0,22
Observaciones :		2,00	10,00	0,78	0,35
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_x = 2,53$ Kg/cm <sup>2</sup>	3,00	15,00	1,17	0,49
Esfuerzo :	$\sigma_1 = 4,03$ Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	20,00	1,56	0,58
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 = 1,50$ Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	25,00	1,95	0,70
Origen :	O <sub>1</sub> = 2,76 Kg/cm <sup>2</sup>	6,00	30,00	2,34	0,98
Radio :	R <sub>1</sub> = 1,26 Kg/cm <sup>2</sup>	7,00	35,00	2,73	1,65



Fuerza de atracción entre partículas	Cohesión :	$\zeta = 0,71$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1 = 4,03$ Kg/cm <sup>2</sup>	Variación de $\theta$	11,25	Variación de $\theta$	11,25	Variación de	11,25
Ángulo de Fricción Interna :	$\phi = 9^\circ$	$\tau = 1,35$ Kg/cm <sup>2</sup>		Origen :	O <sub>1</sub> = 1,44	Origen :	O <sub>2</sub> = 2,24	Origen :	O <sub>3</sub> = 2,76



$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y	$\theta$	X	Y
0	0,50	0,00	0	1,00	0,00	0	1,50	0,00
11,25	0,52	0,18	11,25	1,02	0,20	11,25	1,52	0,21
22,5	0,57	0,36	22,5	1,08	0,38	22,5	1,58	0,42
33,75	0,66	0,52	33,75	1,17	0,56	33,75	1,69	0,61
45	0,78	0,67	45	1,29	0,71	45	1,82	0,78
56,25	0,92	0,78	56,25	1,45	0,84	56,25	1,99	0,91
67,5	1,08	0,87	67,5	1,62	0,93	67,5	2,18	1,02
78,75	1,26	0,93	78,75	1,81	0,99	78,75	2,39	1,08
90	1,44	0,94	90	2,00	1,00	90	2,60	1,10
101,25	1,63	0,93	101,25	2,20	0,99	101,25	2,81	1,08
112,5	1,80	0,87	112,5	2,39	0,93	112,5	3,02	1,02
123,75	1,97	0,78	123,75	2,56	0,84	123,75	3,21	0,91
135	2,11	0,67	135	2,71	0,71	135	3,38	0,78
146,25	2,23	0,52	146,25	2,84	0,56	146,25	3,51	0,61
157,5	2,32	0,36	157,5	2,93	0,38	157,5	3,62	0,42
168,75	2,37	0,18	168,75	2,99	0,20	168,75	3,68	0,21
180	2,39	0,00	180	3,01	0,00	180	3,70	0,00

Puntos de la	0,00	0,71
Recta	4,03	1,35

# **APÉNDICE D: ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO (EUPS)**

## TRATAMIENTO HIDROLÓGICO

Codigo	Fecha	Hora	Temperatura del Aire (°C)			Humedad Relativa (%)			Precipitación(mm)		Dirección (grados) y Velocidad del Viento (Nudos)				Presión Atm. (mb)
			Horaria	Máxima	Mínima	Horaria	Máxima	Mínima	Horaria	Total en 24 hrs.	Dirección	Velocidad	Dirección Racha	Velocidad Racha	
47216128	01-JAN-09	00:00:00	10	20,3	6,3	86	99	35	0	0	48	13	237	14,4	685,1
47216128	01-JAN-09	01:00:00	9,5	20,3	6,3	88	99	35	0	0	84	0,1	237	14,4	684,6
47216128	01-JAN-09	02:00:00	9,1	20,3	6,3	91	99	35	0	0	133	18	237	14,4	684
47216128	01-JAN-09	03:00:00	9,5	20,3	6,3	87	99	35	0	0	137	14	237	14,4	684
47216128	01-JAN-09	04:00:00	9,6	20,3	6,3	84	99	35	0	0	105	12	237	14,4	684
47216128	01-JAN-09	05:00:00	9,6	20,3	6,3	83	99	35	0	0	143	0,8	237	14,4	684
47216128	01-JAN-09	06:00:00	9,5	20,3	6,3	83	99	35	0	0	77	0,8	237	14,4	684,1
47216128	01-JAN-09	07:00:00	9,4	18,3	8	85	98	49	0	0,3	126	1,7	91	12,8	684,7
47216128	01-JAN-09	08:00:00	10,4	18,3	8	86	98	49	0	0,3	53	2,4	91	12,8	685,3
47216128	01-JAN-09	09:00:00	12,4	18,3	8	75	98	49	0	0,3	109	4	91	12,8	685,8
47216128	01-JAN-09	10:00:00	13,5	18,3	8	69	98	49	0	0,3	103	5,5	91	12,8	685,8
47216128	01-JAN-09	11:00:00	15,1	18,3	8	61	98	49	0	0,3	76	5,8	91	12,8	685,9
47216128	01-JAN-09	12:00:00	15,4	18,3	8	59	98	49	0	0,3	116	4,3	91	12,8	685,8
47216128	01-JAN-09	13:00:00	16,5	18,3	8	55	98	49	0	0,3	98	6,7	91	12,8	685,4
47216128	01-JAN-09	14:00:00	16,6	18,3	8	51	98	49	0	0,3	106	4,1	91	12,8	685
47216128	01-JAN-09	15:00:00	17,3	18,3	8	48	98	49	0	0,3	131	4,5	91	12,8	684,4
47216128	01-JAN-09	16:00:00	15,9	18,3	8	57	98	49	0	0,3	256	7,6	91	12,8	683,6
47216128	01-JAN-09	17:00:00	13,8	18,3	8	71	98	49	0	0,3	235	11,8	91	12,8	682,6
47216128	01-JAN-09	18:00:00	11,6	18,3	8	83	98	49	0	0,3	235	9,4	91	12,8	682,1
47216128	01-JAN-09	19:00:00	10,7	18,3	8	89	98	49	4,8	0,3	230	5,4	91	12,8	683,2
47216128	01-JAN-09	20:00:00	11	18,3	8	84	98	49	0	0,3	259	1,7	91	12,8	684



Estación:	El Ronquillo	Latitud Sur:	7° 9' 33"
Departamento:	Cajamarca	Longitud Oeste:	78° 32' 59"
Provincia:	Cajamarca	Altura m/s/n/m:	3 313,00
Distrito	Cajamarca		

**DATOS DE : PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2 008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,2	140,7	244,9	****
2 009	210,8	78,6	80,4	102,6	36,3	22,5	12,6	5,7	7,8	115,1	114,6	92,7	879,7
2 010	60,0	110,4	159,6	88,8	51,6	30,9	3,9	0,3	19,5	51,3	51,0	11,4	638,7
2 011	5,4	12,6	8,7	5,4	3,0	0,0	2,7	0,0	1,2	1,2	1,2	1,8	43,2
2 012	0,6	0,9	3,6	2,7	0,9	0,0	0,0	8,1	14,1	117,6	31,8	94,5	274,8
2 013	126,3	35,4	45,0	29,7	19,5	6,0	4,8	10,2	1,8	78,9	18,6	46,8	423,0
2 014	33,0	28,8	26,4	14,4	12,0	6,6	0,6	2,4	6,6	7,8	19,2	15,3	173,1
2 015	42,6	11,4	54,6	13,8	17,4	1,2	7,7	0,0	2,4	9,0	30,0	26,4	216,5
2 016	40,8	40,8	42,6	16,8	6,3	23,4	2,7	0,6	0,9	0,0	0,0	0,0	174,9
2 017	69,2	61,6	125,7	70,2	41,9	10,5	1,7	18,9	17,7	60,3	57,2	51,1	586,0
<b>SUMA</b>	<b>588,7</b>	<b>380,5</b>	<b>546,6</b>	<b>344,4</b>	<b>188,9</b>	<b>101,1</b>	<b>36,7</b>	<b>46,2</b>	<b>72,0</b>	<b>487,4</b>	<b>464,3</b>	<b>584,9</b>	<b>3409,9</b>
<b>MEDIA</b>	<b>58,9</b>	<b>38,1</b>	<b>54,7</b>	<b>34,4</b>	<b>18,9</b>	<b>10,1</b>	<b>3,7</b>	<b>4,6</b>	<b>7,2</b>	<b>48,7</b>	<b>46,4</b>	<b>58,5</b>	<b>378,9</b>

**DATOS DE : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2 008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,2	140,7	244,9	244,9
2 009	210,8	78,6	80,4	102,6	36,3	22,5	12,6	5,7	7,8	115,1	114,6	92,7	210,8
2 010	60,0	110,4	159,6	88,8	51,6	30,9	3,9	0,3	19,5	51,3	51,0	11,4	159,6
2 011	5,4	12,6	8,7	5,4	3,0	0,0	2,7	0,0	1,2	1,2	1,2	1,8	12,6
2 012	0,6	0,9	3,6	2,7	0,9	0,0	0,0	8,1	14,1	117,6	31,8	94,5	117,6
2 013	126,3	35,4	45,0	29,7	19,5	6,0	4,8	10,2	1,8	78,9	18,6	46,8	126,3
2 014	33,0	28,8	26,4	14,4	12,0	6,6	0,6	2,4	6,6	7,8	19,2	15,3	33,0
2 015	42,6	11,4	54,6	13,8	17,4	1,2	7,7	0,0	2,4	9,0	30,0	26,4	54,6
2 016	40,8	40,8	42,6	16,8	6,3	23,4	2,7	0,6	0,9	0,0	0,0	0,0	42,6
2 017	69,2	61,6	125,7	70,2	41,9	10,5	1,7	18,9	17,7	60,3	57,2	51,1	125,7
<b>MAX</b>	<b>210,8</b>	<b>110,4</b>	<b>159,6</b>	<b>102,6</b>	<b>51,6</b>	<b>30,9</b>	<b>12,6</b>	<b>18,9</b>	<b>19,5</b>	<b>117,6</b>	<b>140,7</b>	<b>244,9</b>	<b>244,9</b>

## **ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MAXIMA PROBABLE**

La precipitación máxima probable es aquella magnitud de lluvia que ocurre sobre una cuenca particular, en la cual generará un gasto de avenida, para el que virtualmente no existe riesgo de ser excedido.

Los diversos procedimientos de estimación de la precipitación máxima probable no están normalizados, ya que varían principalmente con la cantidad y calidad de los datos disponibles; además, cambian con el tamaño de la cuenca, su emplazamiento y su topografía, con los tipos de temporales que producen las precipitaciones extremas y con el clima. Los métodos de estimación de fácil y rápida aplicación son los empíricos y el estadístico.

Aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comúnmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. Las lluvias máximas horarias o diarias por lo común se ajustan bien a la distribución de valores extremos tipo I o Gumbel, a la Log-Pearson tipo III y a la gamma incompleta. En este trabajo se empleó la distribución Gumbel.

El tratamiento estadístico corresponde a la serie anual de máximos, concerniente a la estación "El Ronquillo".

**Registros pluviométricos Estación "El Ronquillo" - Método Gumbel**

Registros pluviométricos Estación "El Ronquillo" - Método Gumbel				
No	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	$x_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2 008	DIC	244,9	17 458,34
2	2 009	ENE	210,8	9 609,88
3	2 010	MAR	159,6	2 193,05
4	2 011	FEB	12,6	10 034,03
5	2 012	OCT	117,6	23,33
6	2 013	ENE	126,3	183,06
7	2 014	ENE	33,0	6 363,25
8	2 015	MAR	54,6	3 383,75
9	2 016	MAR	42,6	4 923,83
10	2 017	MAR	125,7	167,18
Suma			1 127,70	54 339,70

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 112,77 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 77,70 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 60,58 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 77,80 \text{ mm}$$

Para el modelo de probabilidad:

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Según el estudio de miles de estaciones - año de datos de lluvia, realizado por L. L. Welss, los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, al ser incrementados en un 13% conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis basado en lluvias máximas verdaderas. Por tanto el valor representativo adoptado para la cuenca será multiplicado por 1,13 para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación.

**Cálculo de las láminas para distintas frecuencias**

Láminas para distintas frecuencias				
Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
Retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,3665	100,0056	0,5000	113,0063
5	1,4999	168,6739	0,8000	190,6016
10	2,2504	214,1384	0,9000	241,9764
25	3,1985	271,5828	0,9600	306,8886
50	3,9019	314,1984	0,9800	355,0442
75	4,3108	338,9682	0,9867	383,0340
100	4,6001	356,4993	0,9900	402,8442
500	6,2136	454,2502	0,9980	513,3027

## ECUACIÓN DE INTENSIDAD

Las relaciones o cocientes de la lluvia de 24 horas se emplean para duraciones de varias horas, Campos A. propone los siguientes cocientes:

**Valores concluidos para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas**

Duración de lluvia para 24 horas										
Duraciones, en horas										
0,5	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0,20	0,30	0,39	0,46	0,52	0,57	0,61	0,68	0,80	0,91	1,00

Estos datos serán obtenidos como un porcentaje de los resultados de la precipitación máxima probable para 24 horas, para cada período de retorno, diferentes porcentajes de este valor según los tiempos de duración de lluvia adoptados.

**Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias**

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración									
Tempo de Duración	Cociente	P.M.P. (mm) para diferentes tiempos de duración Sg. Periodo de Retorno							
Duración		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
24 hr	X24	113,006	190,602	241,9764	306,889	355,0442	383,0340	402,8442	513,3027
18 hr	X18 = 91%	102,836	173,447	220,1985	279,269	323,0902	348,5610	366,5882	467,1054
12 hr	X12 = 80%	90,4050	152,481	193,5811	245,511	284,0353	306,4272	322,2753	410,6422
8 hr	X8 = 68%	76,8443	129,609	164,5439	208,684	241,4300	260,4631	273,9340	349,0458
6 hr	X6 = 61%	68,9338	116,267	147,6056	187,202	216,5769	233,6507	245,7349	313,1146
5 hr	X5 = 57%	64,4136	108,643	137,9265	174,926	202,3752	218,3294	229,6212	292,5825
4 hr	X4 = 52%	58,7633	99,1128	125,8277	159,582	184,6230	199,1777	209,4790	266,9174
3 hr	X3 = 46%	51,9829	87,6767	111,3091	141,169	163,3203	176,1956	185,3083	236,1192
2 hr	X2 = 39%	44,0725	74,3346	94,3708	119,687	138,4672	149,3833	157,1092	200,1880
1 hr	X1 = 30%	33,9019	57,1805	72,5929	92,067	106,5132	114,9102	120,8532	153,9908
0,5 hr	X0,5 = 20%	22,6013	38,1203	48,3953	61,3777	71,0088	76,6068	80,5688	102,6605

Basándose en los resultados de la anterior tabla, y los tiempos de duración adoptados, calculamos la intensidad equivalente para cada caso, según:

$$I = \frac{P[mm]}{t_{duración}[hr.]}$$

**Intensidades de lluvia para diferentes tiempos de duración**

Intensidades de lluvia para diferentes tiempos de duración									
Tempo de duración	Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno								
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
24 hr	1440	4,7086	7,9417	10,0823	12,7870	14,7935	15,9598	16,7852	21,3876
18 hr	1080	5,7131	9,6360	12,2332	15,5149	17,9495	19,3645	20,3660	25,9503
12 hr	720	7,5338	12,7068	16,1318	20,4592	23,6696	25,5356	26,8563	34,2202
8 hr	480	9,6055	16,2011	20,5680	26,0855	30,1788	32,5579	34,2418	43,6307
6 hr	360	11,4890	19,3778	24,6009	31,2003	36,0962	38,9418	40,9558	52,1858
5 hr	300	12,8827	21,7286	27,5853	34,9853	40,4750	43,6659	45,9242	58,5165
4 hr	240	14,6908	24,7782	31,4569	39,8955	46,1557	49,7944	52,3697	66,7293
3 hr	180	17,3276	29,2256	37,1030	47,0562	54,4401	58,7319	61,7694	78,7064
2 hr	120	22,0362	37,1673	47,1854	59,8433	69,2336	74,6916	78,5546	100,094
1 hr	60	33,9019	57,1805	72,5929	92,0666	106,5132	114,9102	120,8532	153,991
0,5 hr	30	45,2025	76,2406	96,7905	122,7554	142,0177	153,2136	161,1377	205,321

La representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno, Sg. Bernard es:

$$I = \frac{a * T^b}{t^c}$$

en la cual:

I = Intensidad (mm/hr)  
 t = Duración de la lluvia (min)  
 T = Período de retorno (años)  
 a,b,c = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:

$$d = a * T^b$$

De donde:

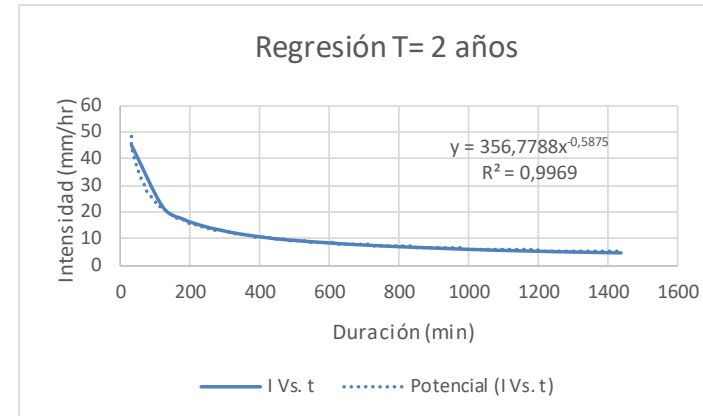
$$I = \frac{d}{t^c} \Rightarrow I = d * t^{-c}$$

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	4,7086	7,2724	1,5494	11,2678	52,8878
2	1080	5,7131	6,9847	1,7428	12,1727	48,7863
3	720	7,5338	6,5793	2,0194	13,2861	43,2865
4	480	9,6055	6,1738	2,2623	13,9672	38,1156
5	360	11,4890	5,8861	2,4414	14,3703	34,6462
6	300	12,8827	5,7038	2,5559	14,5782	32,5331
7	240	14,6908	5,4806	2,6872	14,7277	30,0374
8	180	17,3276	5,1930	2,8523	14,8119	26,9668
9	120	22,0362	4,7875	3,0927	14,8062	22,9201
10	30	45,2025	3,4012	3,8112	12,9625	11,5681
10	4950	151,1899	57,4623	25,0145	136,9505	341,7480

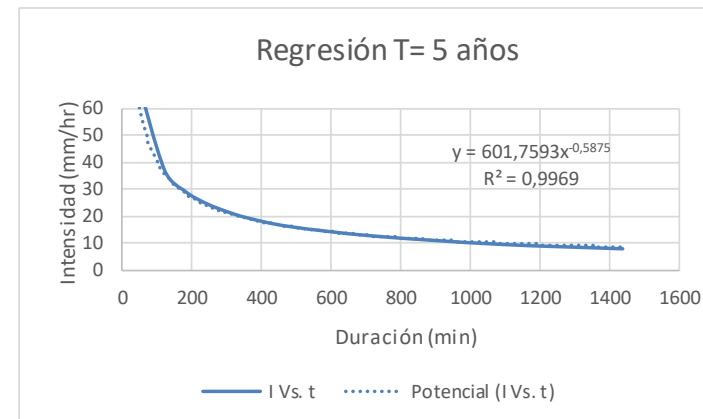
$Ln(A) = 5,8771$        $A = 356,7788$        $B = -0,5875$

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	7,9417	7,2724	2,0721	15,0694	52,8878
2	1080	9,6360	6,9847	2,2655	15,8239	48,7863
3	720	12,7068	6,5793	2,5421	16,7253	43,2865
4	480	16,2011	6,1738	2,7851	17,1945	38,1156
5	360	19,3778	5,8861	2,9641	17,4472	34,6462
6	300	21,7286	5,7038	3,0786	17,5598	32,5331
7	240	24,7782	5,4806	3,2100	17,5927	30,0374
8	180	29,2256	5,1930	3,3750	17,5265	26,9668
9	120	37,1673	4,7875	3,6154	17,3088	22,9201
10	30	76,2406	3,4012	4,3339	14,7404	11,5681
10	4950	255,0037	57,4623	30,2419	166,9885	341,7480

$Ln(A) = 6,3999$        $A = 601,7593$        $B = -0,5875$



Serie T= 2 años	
x	y
1440	4,7086
1080	5,7131
720	7,5338
480	9,6055
360	11,4890
300	12,8827
240	14,6908
180	17,3276
120	22,0362
30	45,2025



Serie T= 5 años	
x	y
1440	7,9417
1080	9,6360
720	12,7068
480	16,2011
360	19,3778
300	21,7286
240	24,7782
180	29,2256
120	37,1673
30	76,2406

Periodo de retorno para T = 10 años

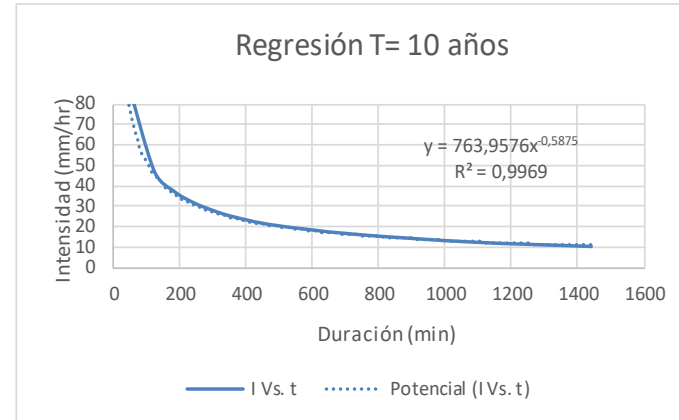
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	10,0823	7,2724	2,3108	16,8050	52,8878
2	1080	12,2332	6,9847	2,5042	17,4908	48,7863
3	720	16,1318	6,5793	2,7808	18,2955	43,2865
4	480	20,5680	6,1738	3,0237	18,6679	38,1156
5	360	24,6009	5,8861	3,2028	18,8519	34,6462
6	300	27,5853	5,7038	3,3173	18,9211	32,5331
7	240	31,4569	5,4806	3,4486	18,9006	30,0374
8	180	37,1030	5,1930	3,6137	18,7658	26,9668
9	120	47,1854	4,7875	3,8541	18,4514	22,9201
10	30	96,7905	3,4012	4,5725	15,5521	11,5681
10	4950	323,7375	57,4623	32,6285	180,7021	341,7480

$Ln(A) = 6,6385$        $A = 763,9576$        $B = -0,5875$

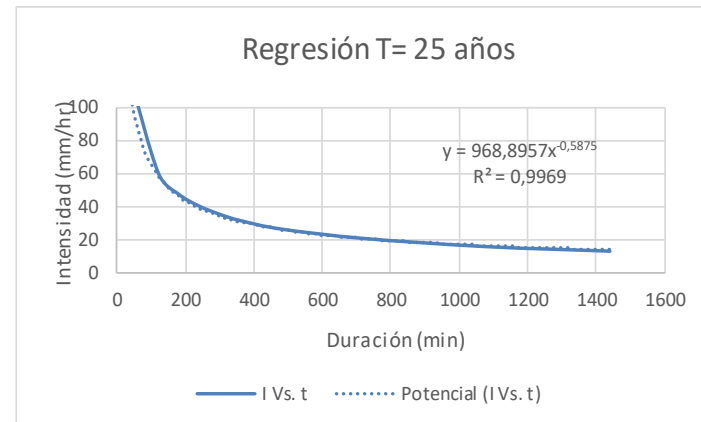
Periodo de retorno para T = 25 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	12,7870	7,2724	2,5484	18,5332	52,8878
2	1080	15,5149	6,9847	2,7418	19,1507	48,7863
3	720	20,4592	6,5793	3,0184	19,8590	43,2865
4	480	26,0855	6,1738	3,2614	20,1351	38,1156
5	360	31,2003	5,8861	3,4404	20,2507	34,6462
6	300	34,9853	5,7038	3,5549	20,2765	32,5331
7	240	39,8955	5,4806	3,6863	20,2031	30,0374
8	180	47,0562	5,1930	3,8513	19,9999	26,9668
9	120	59,8433	4,7875	4,0917	19,5891	22,9201
10	30	122,7554	3,4012	4,8102	16,3604	11,5681
10	4950	410,5828	57,4623	35,0049	194,3578	341,7480

$Ln(A) = 6,8762$        $A = 968,896$        $B = -0,5875$



Serie T= 10 años	
x	y
1440	10,0823
1080	12,2332
720	16,1318
480	20,5680
360	24,6009
300	27,5853
240	31,4569
180	37,1030
120	47,1854
30	96,7905



Serie T= 25 años	
x	y
1440	12,7870
1080	15,5149
720	20,4592
480	26,0855
360	31,2003
300	34,9853
240	39,8955
180	47,0562
120	59,8433
30	122,7554

Periodo de retorno para T = 50 años

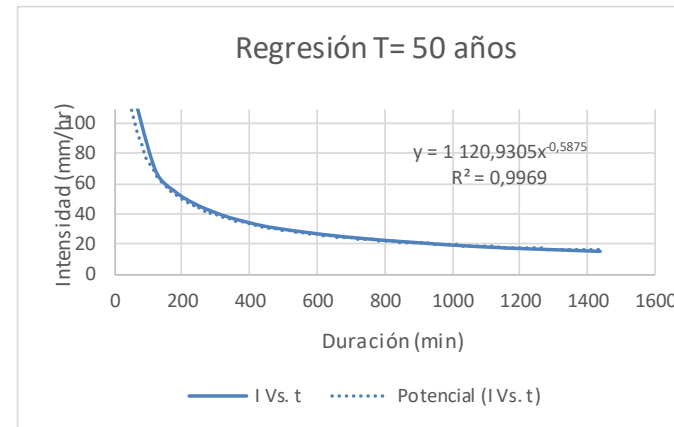
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	14,7935	7,2724	2,6942	19,5932	52,8878
2	1080	17,9495	6,9847	2,8876	20,1688	48,7863
3	720	23,6696	6,5793	3,1642	20,8180	43,2865
4	480	30,1788	6,1738	3,4071	21,0349	38,1156
5	360	36,0962	5,8861	3,5862	21,1087	34,6462
6	300	40,4750	5,7038	3,7007	21,1079	32,5331
7	240	46,1557	5,4806	3,8320	21,0019	30,0374
8	180	54,4401	5,1930	3,9971	20,7568	26,9668
9	120	69,2336	4,7875	4,2375	20,2869	22,9201
10	30	142,0177	3,4012	4,9560	16,8562	11,5681
10	4950	475,0096	57,4623	36,4625	202,7333	341,7480

$Ln(A) = 7,0219$        $A = 1120,931$        $B = -0,5875$

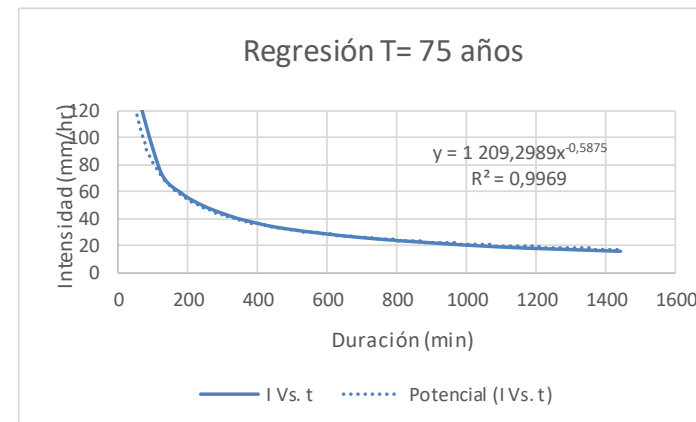
Periodo de retorno para T = 75 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	15,9598	7,2724	2,7701	20,1451	52,8878
2	1080	19,3645	6,9847	2,9634	20,6988	48,7863
3	720	25,5356	6,5793	3,2401	21,3173	43,2865
4	480	32,5579	6,1738	3,4830	21,5034	38,1156
5	360	38,9418	5,8861	3,6621	21,5553	34,6462
6	300	43,6659	5,7038	3,7766	21,5407	32,5331
7	240	49,7944	5,4806	3,9079	21,4178	30,0374
8	180	58,7319	5,1930	4,0730	21,1508	26,9668
9	120	74,6916	4,7875	4,3134	20,6502	22,9201
10	30	153,2136	3,4012	5,0318	17,1143	11,5681
10	4950	512,4570	57,4623	37,2213	207,0937	341,7480

$Ln(A) = 7,0978$        $A = 1209,299$        $B = -0,5875$



Serie T= 50 años	
x	y
1440	14,7935
1080	17,9495
720	23,6696
480	30,1788
360	36,0962
300	40,4750
240	46,1557
180	54,4401
120	69,2336
30	142,0177



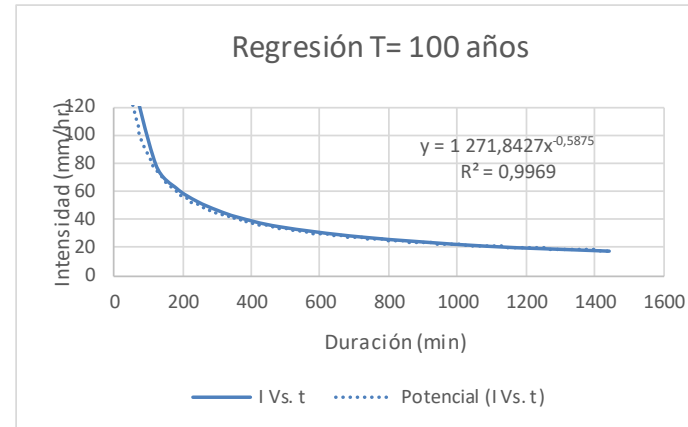
Serie T= 75 años	
x	y
1440	15,9598
1080	19,3645
720	25,5356
480	32,5579
360	38,9418
300	43,6659
240	49,7944
180	58,7319
120	74,6916
30	153,2136

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	16,7852	7,2724	2,8205	20,5118	52,8878
2	1080	20,3660	6,9847	3,0139	21,0510	48,7863
3	720	26,8563	6,5793	3,2905	21,6490	43,2865
4	480	34,2418	6,1738	3,5334	21,8147	38,1156
5	360	40,9558	5,8861	3,7125	21,8521	34,6462
6	300	45,9242	5,7038	3,8270	21,8283	32,5331
7	240	52,3697	5,4806	3,9583	21,6942	30,0374
8	180	61,7694	5,1930	4,1234	21,4127	26,9668
9	120	78,5546	4,7875	4,3638	20,8916	22,9201
10	30	161,1377	3,4012	5,0823	17,2858	11,5681
10	4950	538,9607	57,4623	37,7256	209,9913	341,7480

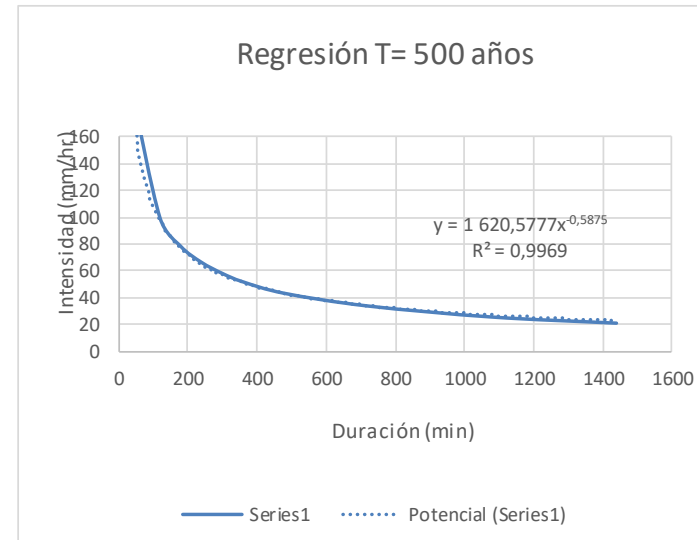
$Ln(A) = 7,1482$        $A = 1271,843$        $B = -0,5875$

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	21,3876	7,2724	3,0628	22,2740	52,8878
2	1080	25,9503	6,9847	3,2562	22,7435	48,7863
3	720	34,2202	6,5793	3,5328	23,2433	43,2865
4	480	43,6307	6,1738	3,7758	23,3107	38,1156
5	360	52,1858	5,8861	3,9548	23,2784	34,6462
6	300	58,5165	5,7038	4,0693	23,2105	32,5331
7	240	66,7293	5,4806	4,2006	23,0222	30,0374
8	180	78,7064	5,1930	4,3657	22,6710	26,9668
9	120	100,0940	4,7875	4,6061	22,0517	22,9201
10	30	205,3211	3,4012	5,3246	18,1099	11,5681
10	4950	686,7420	57,4623	40,1487	223,9153	341,7480

$Ln(A) = 7,3905$        $A = 1620,578$        $B = -0,5875$



Serie T= 100 años	
x	y
1440	16,7852
1080	20,3660
720	26,8563
480	34,2418
360	40,9558
300	45,9242
240	52,3697
180	61,7694
120	78,5546
30	161,1377



Serie T= 500 años	
x	y
1440	21,3876
1080	25,9503
720	34,2202
480	43,6307
360	52,1858
300	58,5165
240	66,7293
180	78,7064
120	100,0940
30	205,3211



Regresión lineal

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [ c ]
2	356,77877822663	-0,5874568292
5	601,75925318767	-0,5874568292
10	763,95764406638	-0,5874568292
25	968,89574092119	-0,5874568292
50	1120,93052841136	-0,5874568292
75	1209,29894328850	-0,5874568292
100	1271,84271489564	-0,5874568292
500	1620,57773994063	-0,5874568292
Promedio =	989,25516786725	-0,5874568292

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno ( $T$ ) y el término constante de regresión ( $d$ ), para obtener valores de la ecuación:

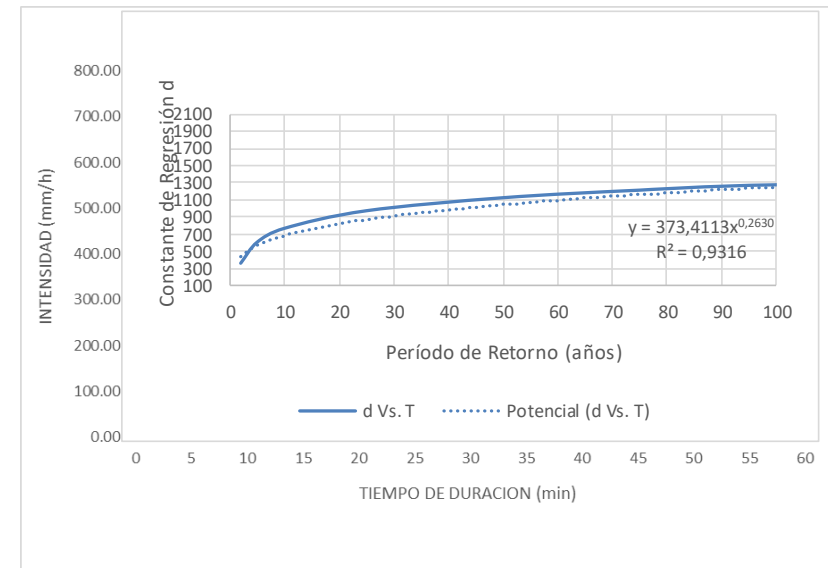
$$d = a * T^b \quad (\text{Fórmula 14})$$

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	2	356,7788	0,6931	5,8771	4,0737	0,4805
2	5	601,7593	1,6094	6,3999	10,3002	2,5903
3	10	763,9576	2,3026	6,6385	15,2857	5,3019
4	25	968,896	3,2189	6,8762	22,1335	10,3612
5	50	1120,931	3,9120	7,0219	27,4699	15,3039
6	75	1209,299	4,3175	7,0978	30,6447	18,6407
7	100	1271,843	4,6052	7,1482	32,9188	21,2076
8	500	1620,578	6,2146	7,3905	45,9293	38,6214
8	767	7914,0413	26,8733	54,4501	188,7557	112,5074

$$\ln(A) = 5,9227 \quad A = 373,4113 \quad B = 0,2630$$

Término constante de regresión (a) = 373,4113

Coef. de regresión (b) = 0,263037



Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para la cuenca:

$$I = \frac{373,4113 * T^{0,263037}}{0,58746 t}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Periodo de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

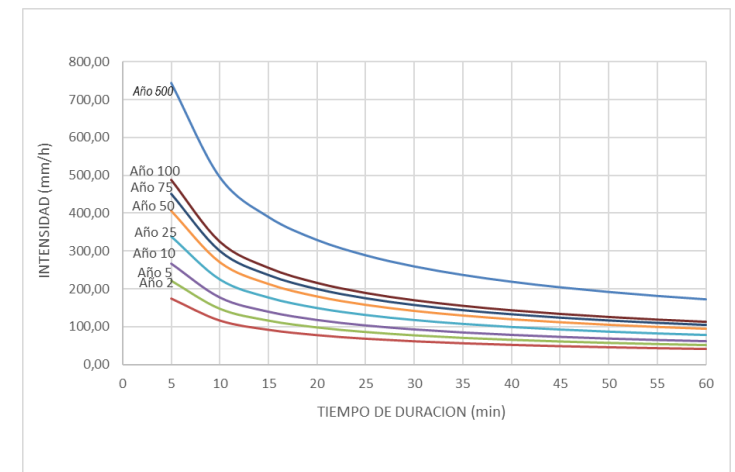
**Intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno**

*Intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno*

Frecuencia	Duración en minutos					
años	5	10	15	20	25	30
2	174,08	115,85	91,30	77,10	67,63	60,76
5	221,53	147,43	116,18	98,12	86,06	77,32
10	265,83	176,92	139,42	117,74	103,27	92,79
25	338,28	225,13	177,42	149,83	131,42	118,07
50	405,94	270,16	212,90	179,80	157,71	141,69
75	451,63	300,57	236,86	200,03	175,46	157,63
100	487,13	324,19	255,48	215,76	189,25	170,03
500	743,88	495,06	390,13	329,47	288,99	259,64

*Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno (continuación...)*

Frecuencia	Duración en minutos					
años	35	40	45	50	55	60
2	55,50	51,31	47,88	45,01	42,56	40,44
5	70,63	65,30	60,93	57,28	54,16	51,46
10	84,75	78,36	73,12	68,73	64,99	61,75
25	107,85	99,71	93,05	87,46	82,70	78,58
50	129,42	119,66	111,66	104,96	99,24	94,30
75	143,99	133,12	124,22	116,77	110,41	104,91
100	155,31	143,59	133,99	125,95	119,09	113,15
500	237,16	219,27	204,61	192,33	181,86	172,79



## ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO (EUPS)

Determinación de la seguridad de las laderas de Urubamba,  
en función de la degradación superficial y falla de talud Cajamarca, Perú

<b>EUPS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)</b>	
<b><math>E = R K L S C P</math></b>	
<b><math>E \text{ potencial} = R K L S</math></b>	
<b><math>E \text{ actual} = R K L S (C P)</math> (Factores de manejo)</b>	
<b>Precipitación media anual (mm)</b>	<b>378,9</b>
<b><i>R</i></b>	<b>0,27</b>

Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith)

$$R = 0,1191 + 0,0873 \log_{10} I_{30}$$

Interpolando

$I_{30} = 86.602$  mm. (Intensidad para un tiempo de retorno de ocho años, y una duración de 30 minutos de lluvia).

$$R = 0.2882$$

**Factor de erodabilidad**

<b>Factor K</b>	
<b>Uso del suelo</b>	<b>Area I</b>
<b>Superficie (ha)</b>	44,5
<b>Factor K</b>	0,025
<b>Textura</b> (Seleccione el código que corresponda a la textura del suelo)	17
<b>Código de materia Orgánica</b> (Seleccione el código que corresponda al contenido de materia orgánica)	1

<b>Factor LS</b>	
<b>Largo del predio (m)</b>	870
<b>Ancho del predio (m)</b>	511,70
<b>Area (ha)</b>	44,52
<b>Cota inicial (Hi) (m)</b>	2759
<b>Cota final (Hf) (m)</b>	3555,56
<b>S (%)</b>	91,558
<b>LS</b>	367,69

<b>Erosión Potencial (t/ha)</b>	2,48
---------------------------------	------

$$S = \frac{H_f - H_i}{L} * 100$$

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

Tabla 10. Textura del suelo (Quispe 2 015)

<b>Codigo Textura</b>	<b>Textura</b>	<b>% de materia orgánica</b>		
		0,0 - 0,5	0,5 - 2,0	2,0 - 4,0
	<b>Codigo de MO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	Arena	0,005	0,003	0,002
<b>2</b>	Arena fina	0,016	0,014	0,01
<b>3</b>	Arena muy fina	0,042	0,036	0,028
<b>4</b>	Arena migajosa	0,012	0,01	0,008
<b>5</b>	Arena fina migajosa	0,024	0,02	0,016
<b>6</b>	Arena muy fina migajosa	0,044	0,038	0,03
<b>7</b>	Migajón arenosa	0,027	0,024	0,019
<b>8</b>	Migajón arenosa fina	0,035	0,03	0,024
<b>9</b>	Migajón arenosa muy fina	0,047	0,041	0,033
<b>10</b>	Migajón	0,038	0,034	0,029
<b>11</b>	Migajón limoso	0,048	0,042	0,033
<b>12</b>	Limo	0,06	0,052	0,042
<b>13</b>	Migajón arcillo arenosa	0,027	0,025	0,021
<b>14</b>	Migajón arcillosa	0,028	0,025	0,021
<b>15</b>	Migajón arcillo limosa	0,037	0,032	0,026
<b>16</b>	Arcillo arenosa	0,014	0,013	0,012
<b>17</b>	Arcillo limosa	0,025	0,023	0,019
<b>18</b>	Arcilla	0,013	0,035	0,029

<i>Escenarios de manejo de suelos</i>	
<b>Factor C</b>	
<i>Area 1</i>	
<b>Factor C</b>	<b>0,8</b>
<b>Cultivo</b> (Seleccione el código que corresponda al cultivo)	<b>1</b>
<b>Productividad</b> (Seleccione el código que corresponda al nivel de productividad)	<b>3</b>
<b>Factor P</b>	
<i>Area 1</i>	
<b>Factor P</b>	<b>0,7</b>
<b>Práctica</b> (Seleccione el código que corresponda a la práctica)	<b>3</b>
<b>Eficiencia</b> (Seleccione el código que corresponda a la eficiencia de la práctica)	<b>3</b>
<b>Erosión actual (t/ha/año)</b>	<b>1,39</b>

Tabla 11. Valores de la cobertura (Quispe 2015)

Código cultivo	CULTIVO	NIVEL PROD.	
		ALTO	MODERADO
Código Nivel de Productividad		1	2
1	MAIZ	0,540	0,620
2	MAIZ LC	0,050	0,100
3	MAIZ RASTROJO	0,100	0,150
4	ALGODON	0,300	0,420
5	PASTIZAL	0,004	0,010
6	ALFALFA	0,020	0,050
7	TREBOL	0,025	0,050
8	SORGO GRANO	0,430	0,550
9	SORGO GRANO RASTROJO	0,110	0,180
10	SOYA	0,480	
11	SOYA DESPUES DE MAIZ C RASTROJO	0,180	
12	TRIGO	0,150	0,390
13	TRIGO RASTROJO	0,100	0,180
14	BOSQUE NATURAL	0,001	0,010
15	SABANA EN BUENAS CONDICIONES	0,010	0,540
16	SABANA SOBREPASTOREADA	0,100	0,220
17	MAIZ-SORGO MIJO	0,4	0,65
18	ARROZ	0,1	0,15
19	ALGODÓN TABACO	0,5	0,6
20	CACAHUATE	0,4	0,6
21	PALMA, CACAO, CAFÉ	0,1	0,2
22	PIÑA	0,1	0,2

Tabla 12. Conservación de suelos (Quispe 2015)

Práctica	Valor de P				
	Máximo				Mínimo
Código de eficiencia	1	2	3	4	5
Surcado al contorno	0,75	0,8	0,85	0,9	
Surcos rectos	0,8	0,85	0,9	0,95	
Franjas al contorno*	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
Terrazas (2-7 % de pendiente)	0,5				
Terrazas (7-13 % de pendiente)	0,6				
Terrazas (mayor de 13 %)	0,8				
Terrazas de Banco	0,1				
Terrazas de Banco en contrapendiente	0,05				
Surcado lister	0,5				
Ripper	0,6				
Terrazas de Zing	0,1				

# **APÉNDICE E: FALLA DE TALUD**

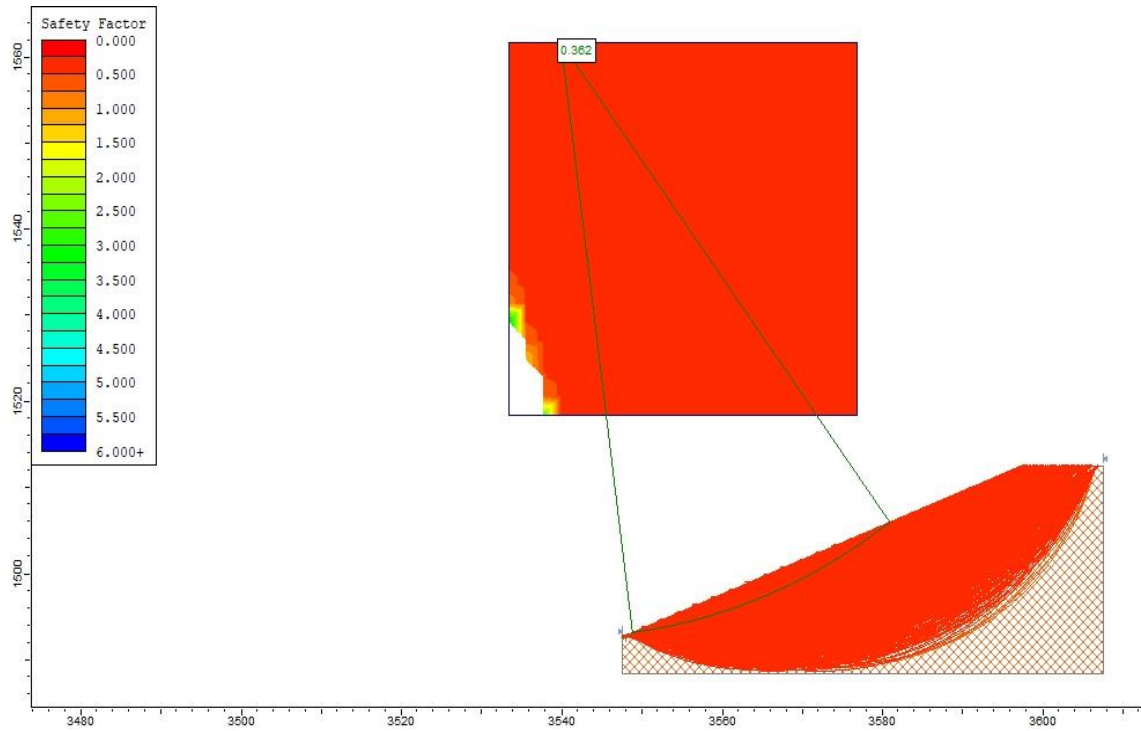


Figura 37. Factor de seguridad 0,362, calicata 1, método estático

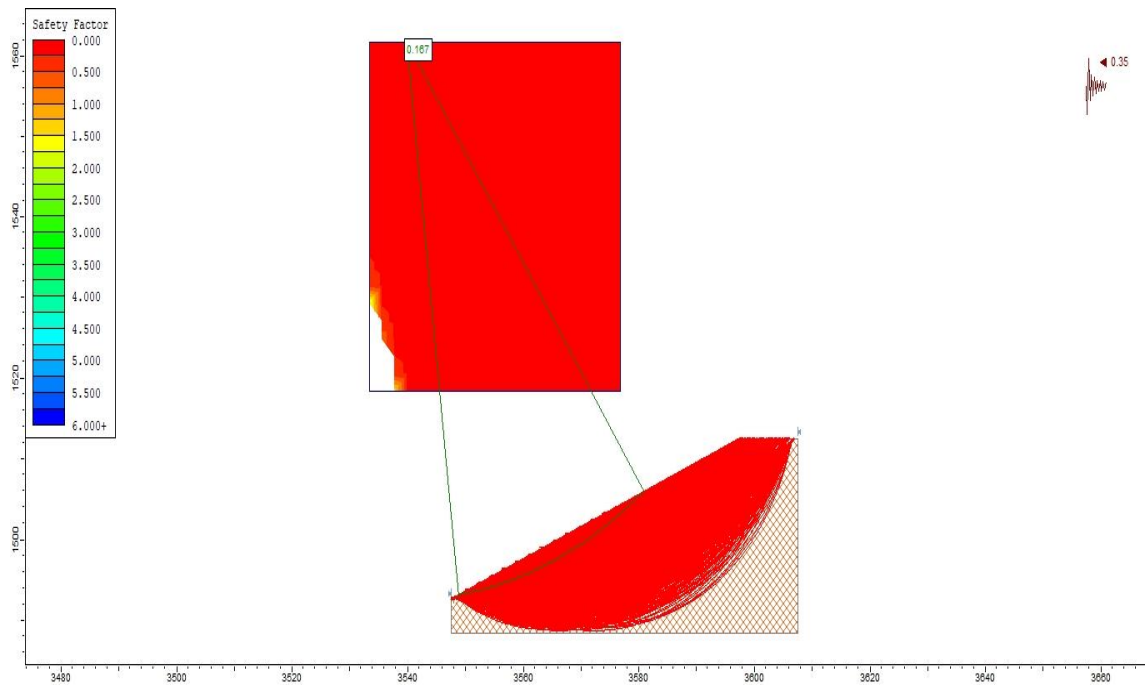


Figura 38. Factor de seguridad 0,167, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 1, método sísmico

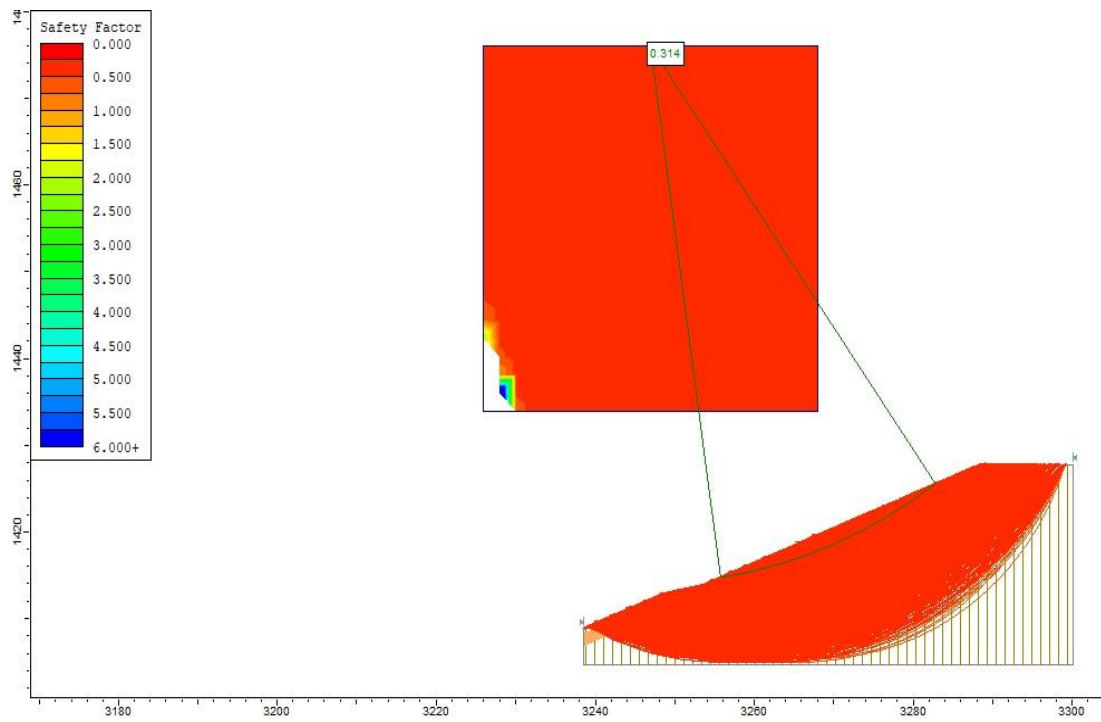


Figura 39. Factor de seguridad 0,314, calicata 2, método estático

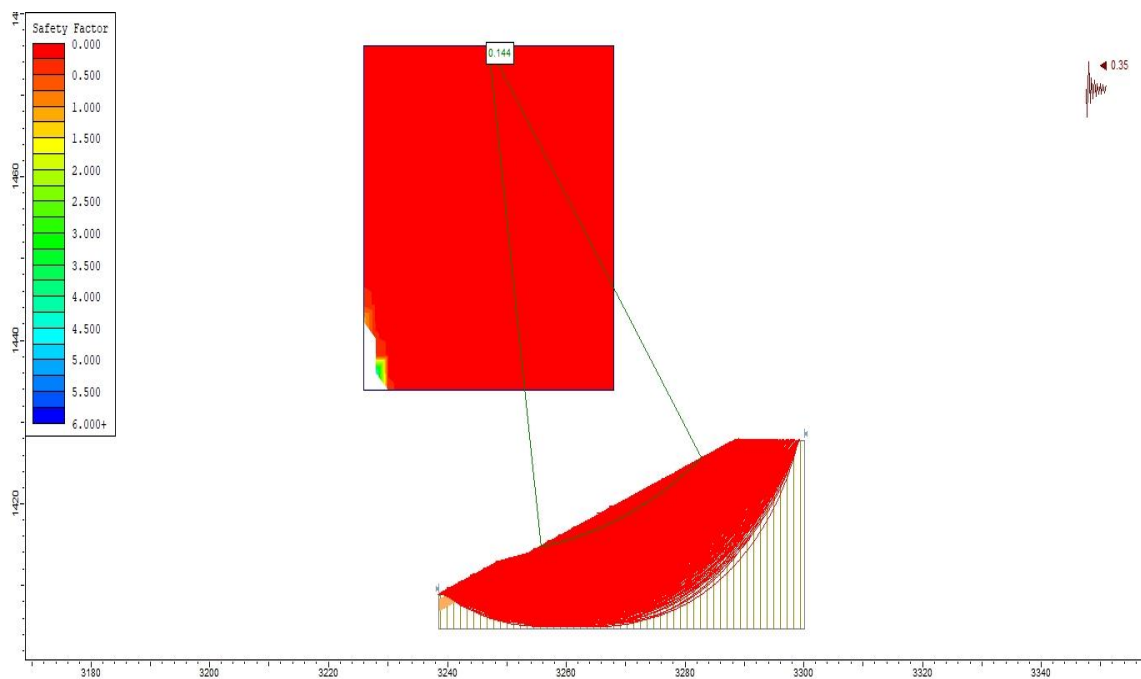


Figura 40. Factor de seguridad 0,144, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 2, método sísmico



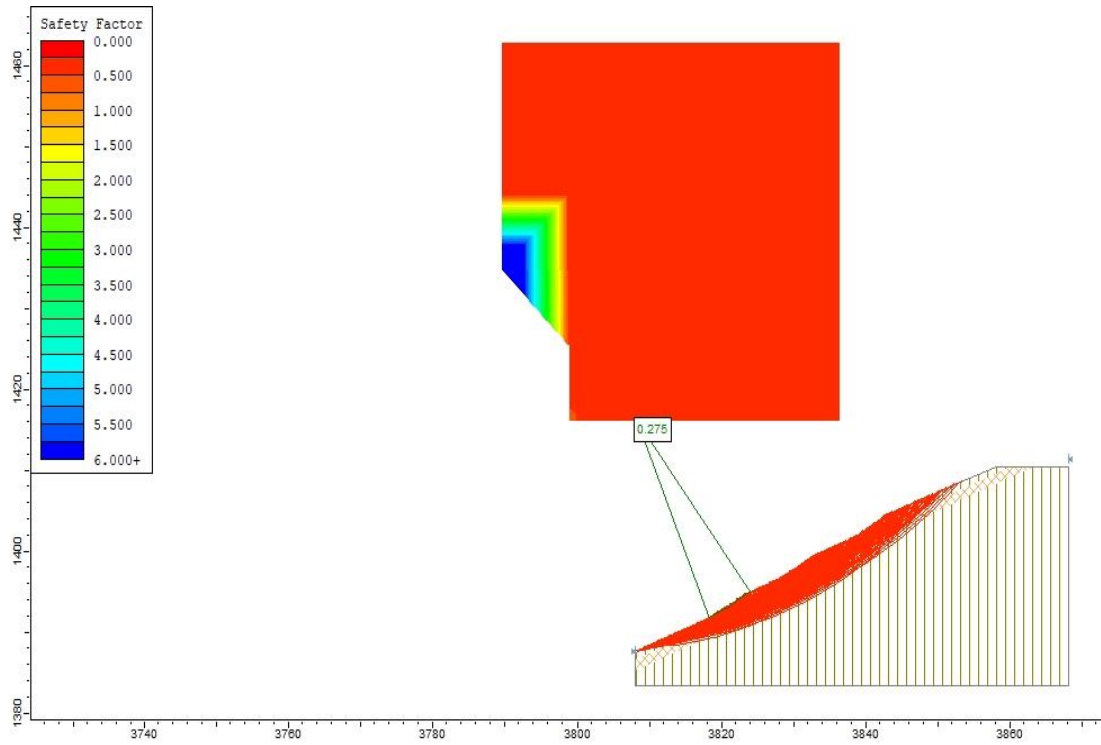


Figura 41. Factor de seguridad 0,275, calicata 3, método estático

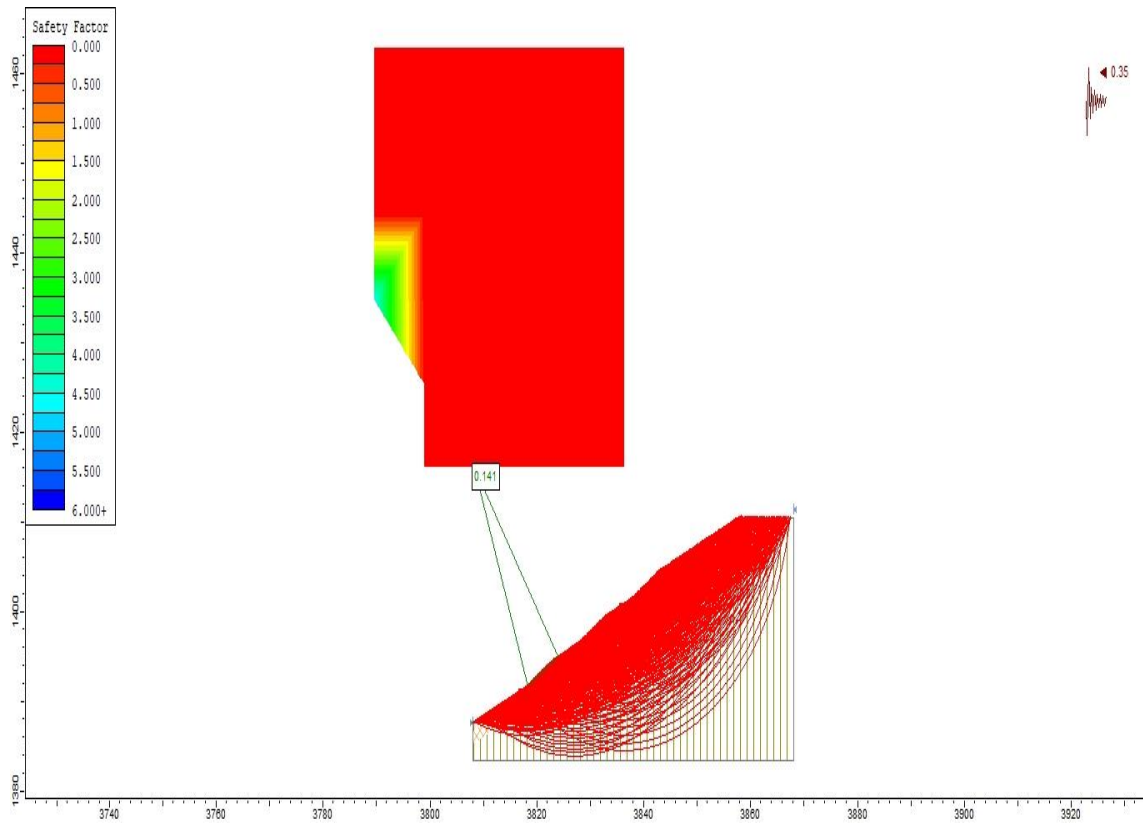


Figura 42. Factor de seguridad 0,141, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 3, método sísmico

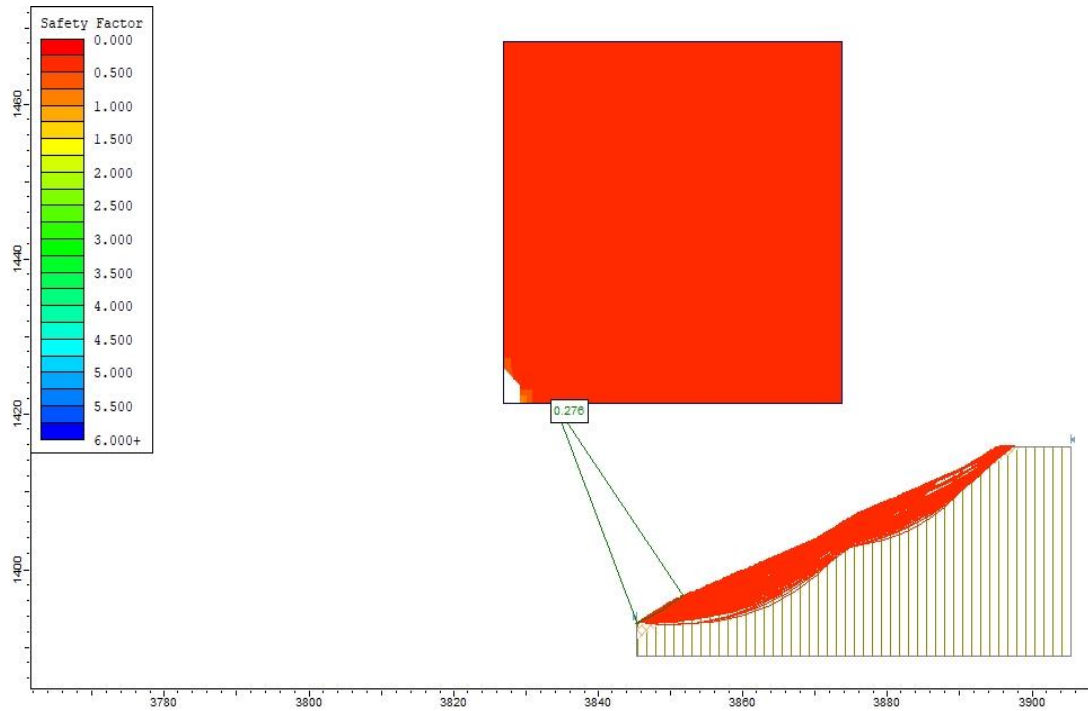


Figura 43. Factor de seguridad 0,276, calicata 4, método estático

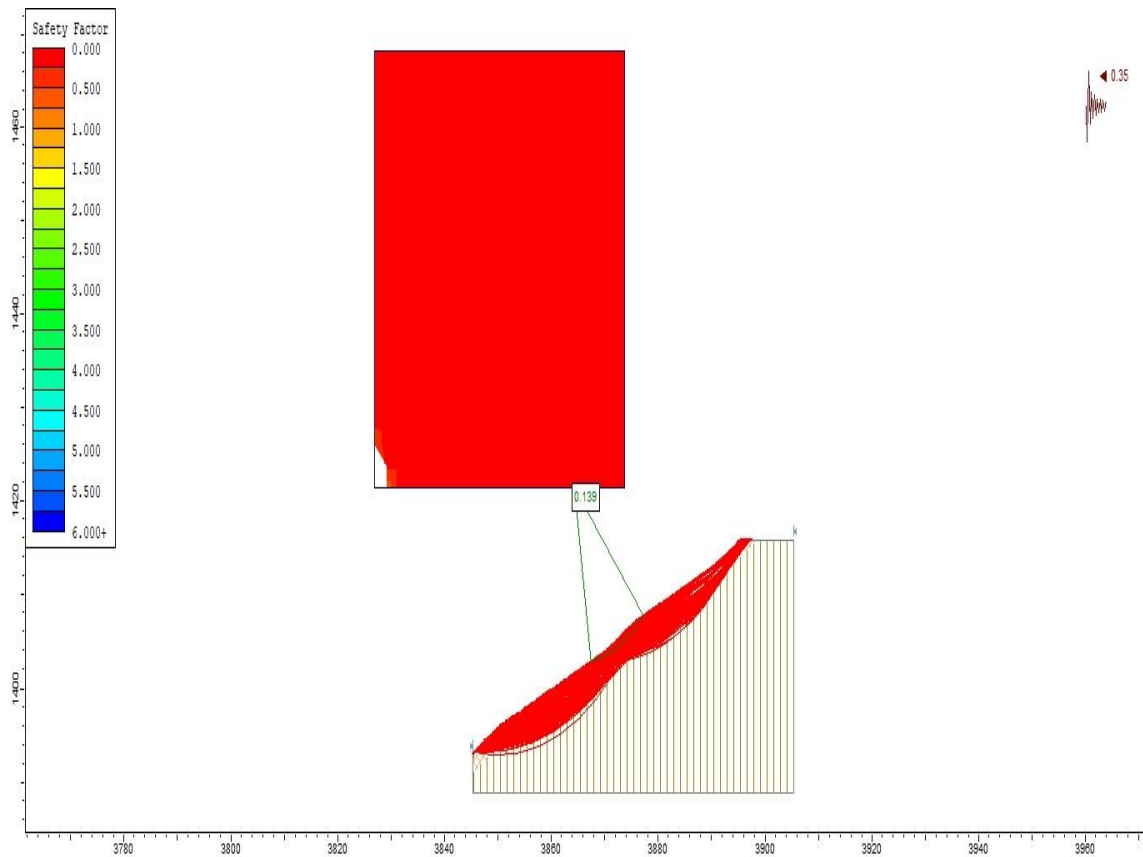


Figura 44. Factor de seguridad 0,139, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 4, método sísmico

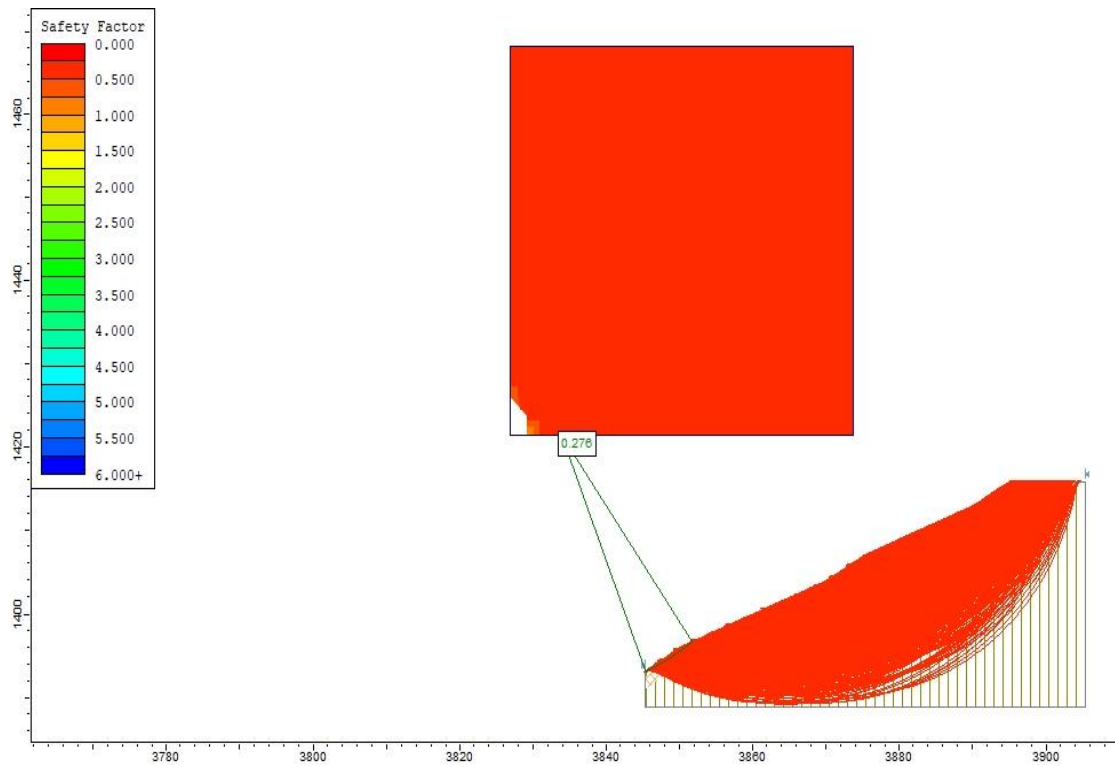


Figura 45. Factor de seguridad 0,276, calicata 5, método estático

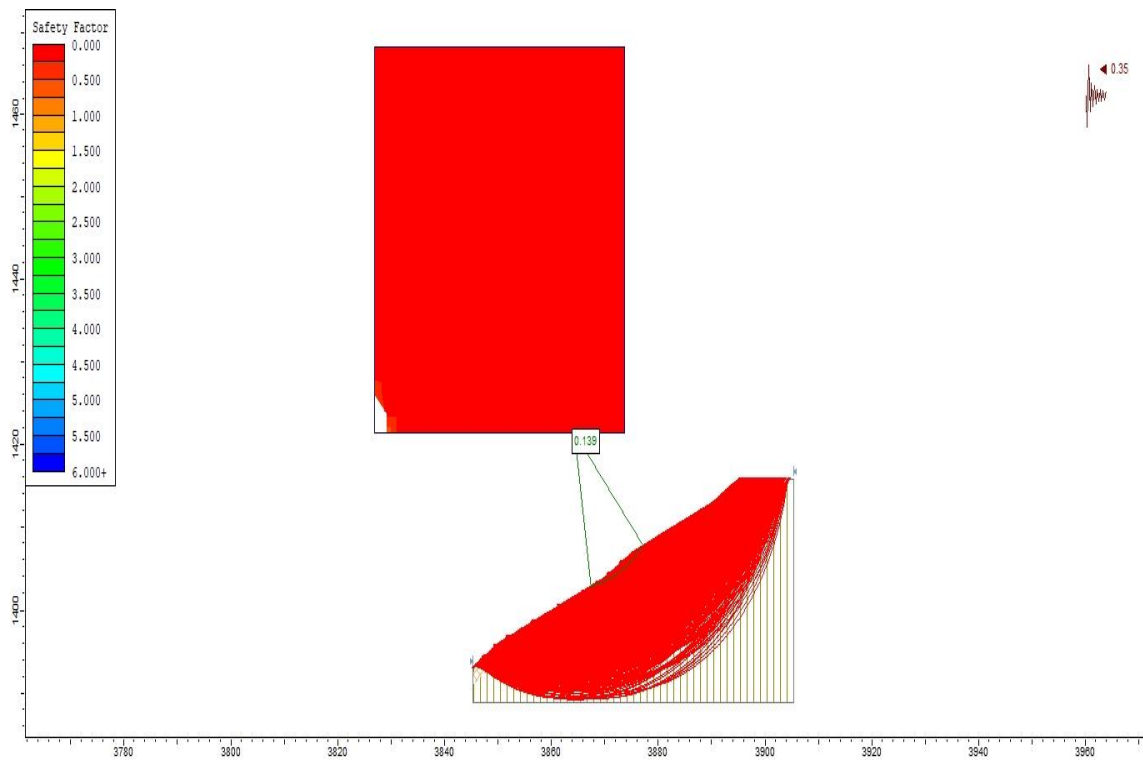


Figura 46. Factor de seguridad 0,129, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 5, método sísmico

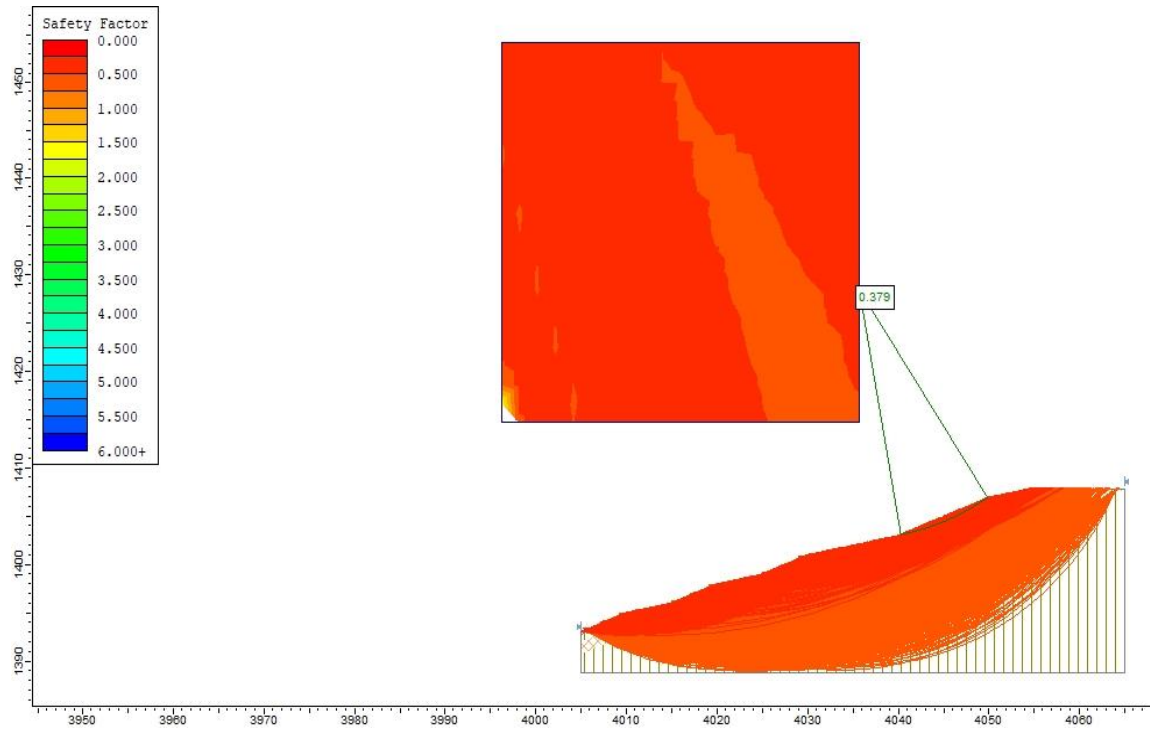


Figura 47. Factor de seguridad 0,379, calicata 6, método estático

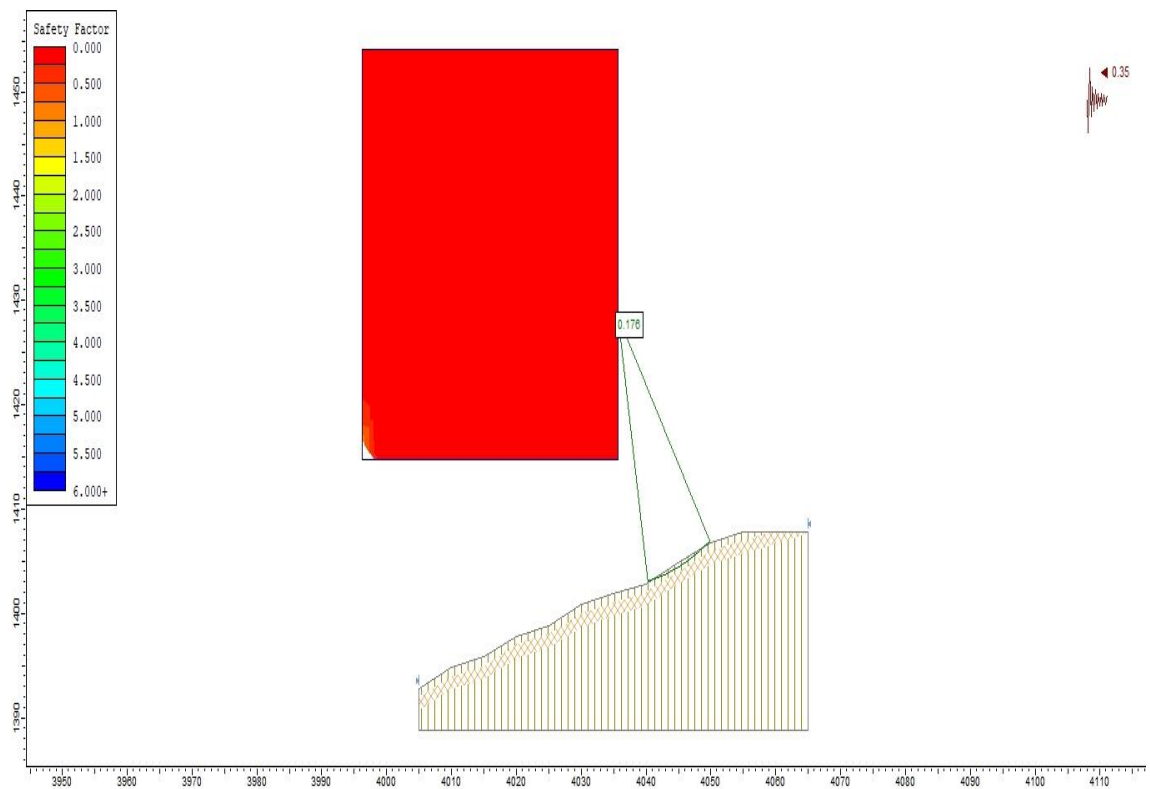


Figura 48. Factor de seguridad 0,176, zona 3, factor de zona 0,35, calicata 6, método sísmico

# **APÉNDICE F: FICHAS**

Ficha de precipitación pluviométrica:

ESTACIÓN METEOROLÓGICA: RONQUILLO						
Departamento: Cajamarca			Provincia: Cajamarca		Distrito: Cajamarca	
Latitud: 7° 9' 33"			Longitud: 78° 32' 59"		Altitud: 3 313 msnm	
Día/mes/año	Temperatura°C			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presión (mb)
	Prom	Max	Min			
01-ene-17						
02-ene-17						
03-ene-17						
04-ene-17						
05-ene-17						
06-ene-17						
07-ene-17						
08-ene-17						
09-ene-17						
10-ene-17						
11-ene-17						
12-ene-17						
13-ene-17						
14-ene-17						
15-ene-17						
16-ene-17						
17-ene-17						
18-ene-17						
19-ene-17						
20-ene-17						
21-ene-17						
22-ene-17						
23-ene-17						
24-ene-17						
25-ene-17						
26-ene-17						
27-ene-17						
28-ene-17						
29-ene-17						
30-ene-17						
31-ene-17						

Ficha para la granulometría de suelos:

GRANULOMETRÍA				
Tamiz	Pasa	Pasante	Retenido acumulado	Retenido parcial
(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)
100				
80				
63				
50				
40				
25				
20				
12.5				
10				
6.3				
5				
2				
1.25				
0.4				
0.160				
0.080				

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (m):

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:

Ficha Límite Líquido

LIMITE LÍQUIDO	
N° DE TARA	
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA (gr.):	
PESO DE SUELO SECO + TARA (gr.):	
PESO DE TARA (gr.):	
PESO DE SUELO SECO (gr.):	
PESO DE AGUA (gr.):	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	
N° DE GOLPES:	

## Ficha Límite plástico

LÍMITE PLÁSTICO	
N° DE TARA	
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA (gr.):	
PESO DE SUELO SECO + TARA (gr.):	
PESO DE TARA (gr.):	
PESO DE SUELO SECO (gr.):	
PESO DE AGUA (gr.):	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	
LÍMITE PLÁSTICO (%):	

## Ficha Peso unitario

PESO UNITARIO DEL SUELO	
CALICATA N°	
P. INICIAL ARENA + FRASCO ( $W_o$ )	gr.
P. FINAL ARENA + FRASCO ( $W_f$ )	gr.
P. ARENA EN CONO Y PLACA ( $W_c$ )	gr.
P. UNITARIO ARENA ( $\gamma_d$ )	$gr/cm^3$
P. AREANA EN HOYO ( $W_e$ )	gr.
VOLUMEN HUECO ( $V$ )	$cm^3$
RECIPIENTE N°	
P. TOTAL HUMEDO ( $W_{th}$ )	gr.
P. RECIPIENTE ( $t$ )	gr.
P. SUELO HÚMEDO ( $W_h$ )	gr.
VOLUMEN SUELO HÚMEDO ( $V_h$ )	$cm^3$
DENS. SUELO HUMEDO ( $\gamma_h$ )	$gr/cm^3$



Ficha del ensayo triaxial:

### ***ENSAYO TRIAXIAL***

***DATOS DE LA MUESTRA:***

**AREA INICIAL =**

**ALTURA INICIAL =**

**ESFUERZO =**

---

***ENSAYO TRIAXIAL***

<b><i>TIEMPO</i></b>	<b><i>carga (kg)</i></b>	<b><i>esf.(kg/cm<sup>2</sup>)</i></b>	<b><i>def ver (cm)</i></b>	<b><i>área corr (cm<sup>2</sup>)</i></b>	<b><i>def. unit (kg/cm<sup>2</sup>)</i></b>
0.00					
1.00					
2.00					
3.00					
4.00					
5.00					
6.00					

# **ANEXOS**

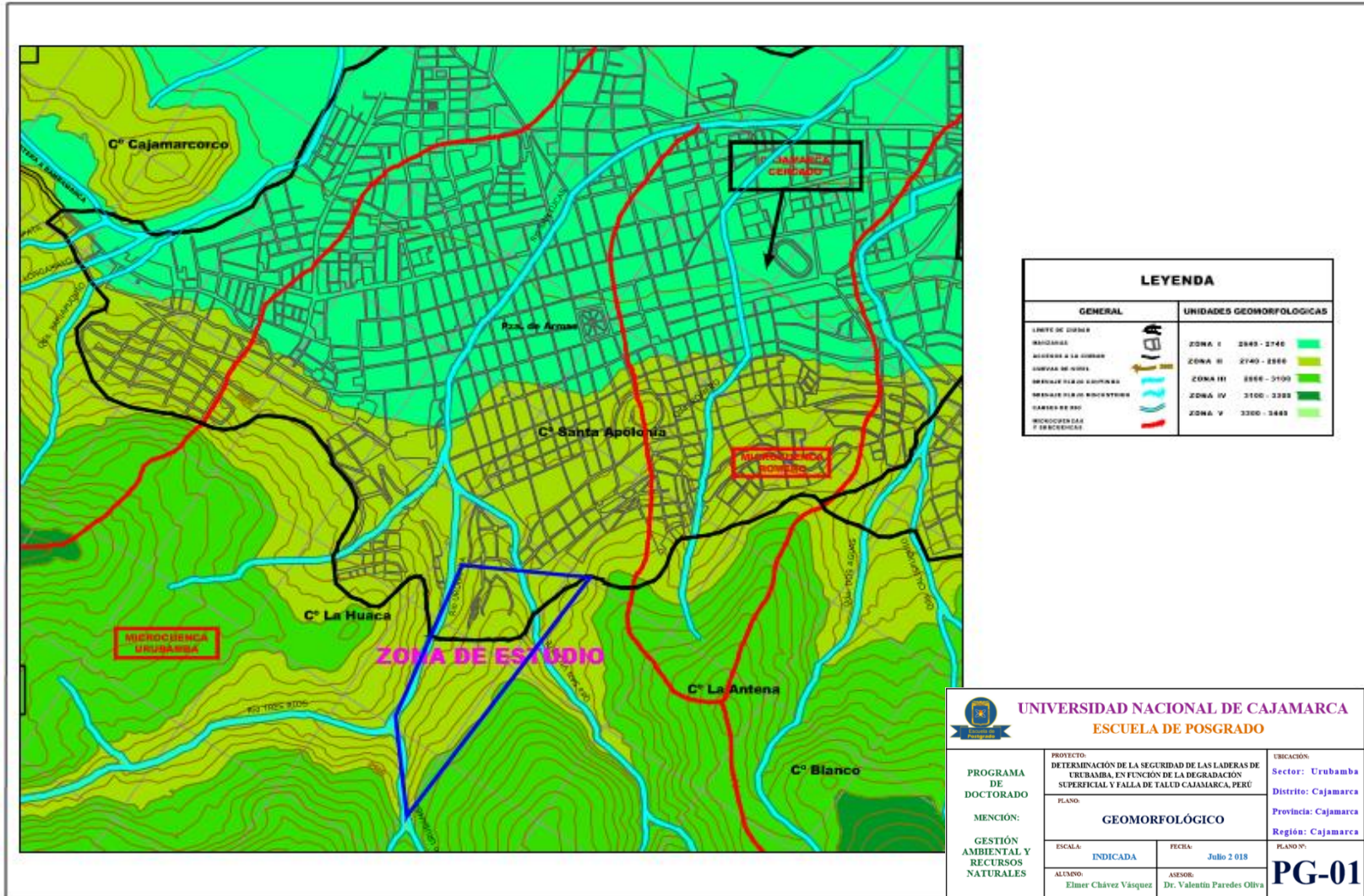
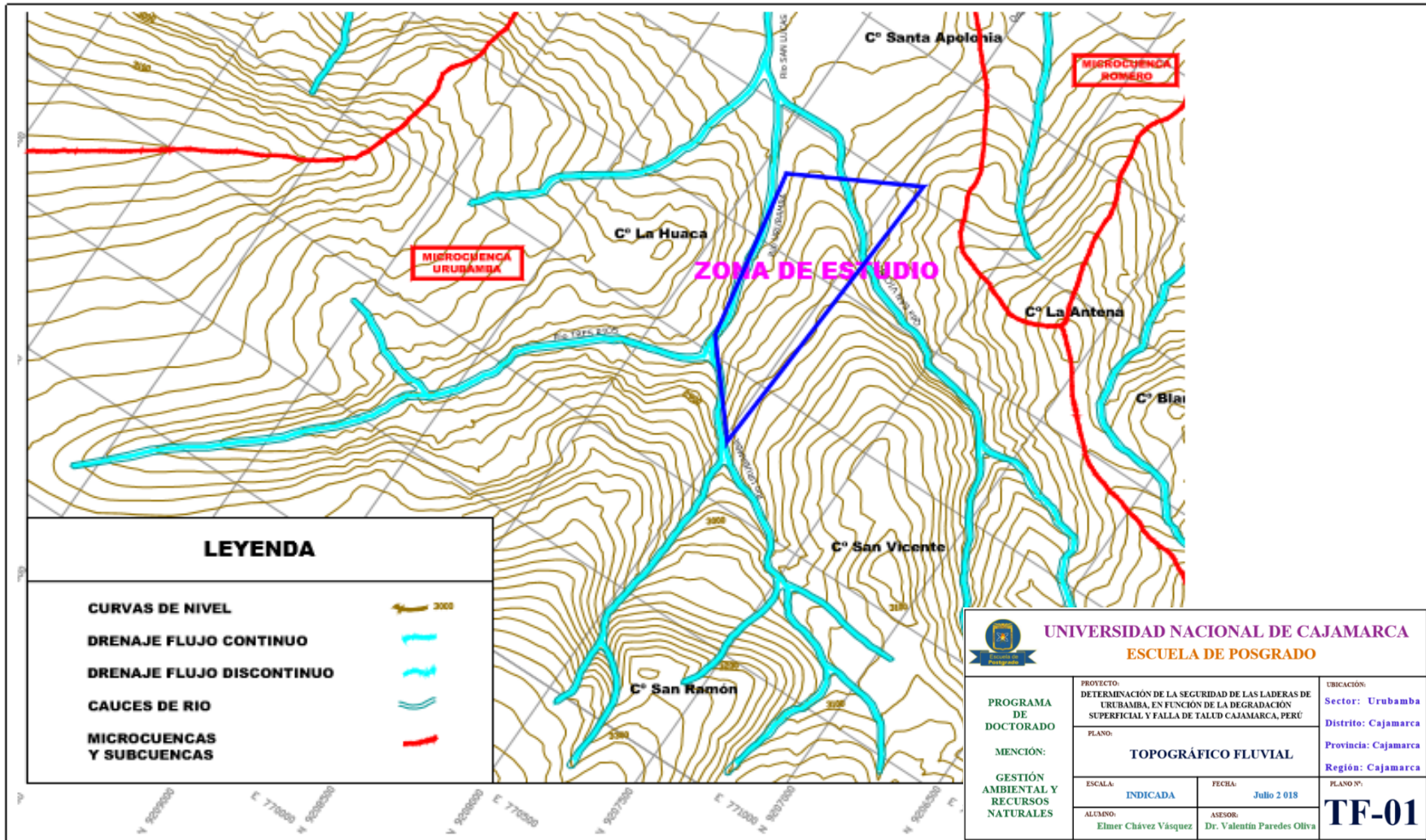


Figura 49. Geomorfología del sector Urubamba  
 Fuente: INGEMMET 2 005

Figura 50.



Topografía y drenaje del sector Urubamba  
 Fuente: INGEMMET 2 005



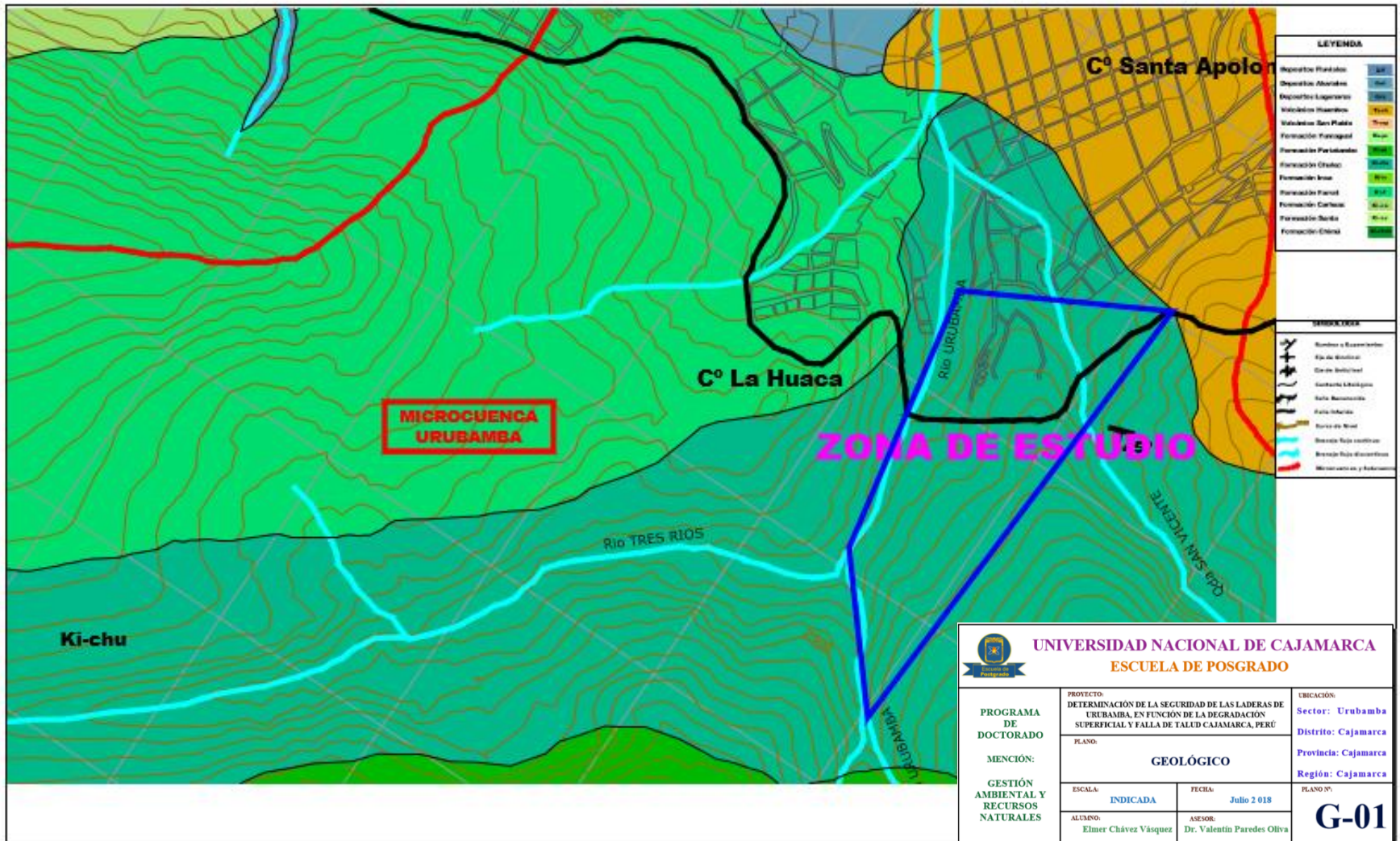


Figura 51. Geología del sector Urubamba  
Fuente: INGEMMET 2 005

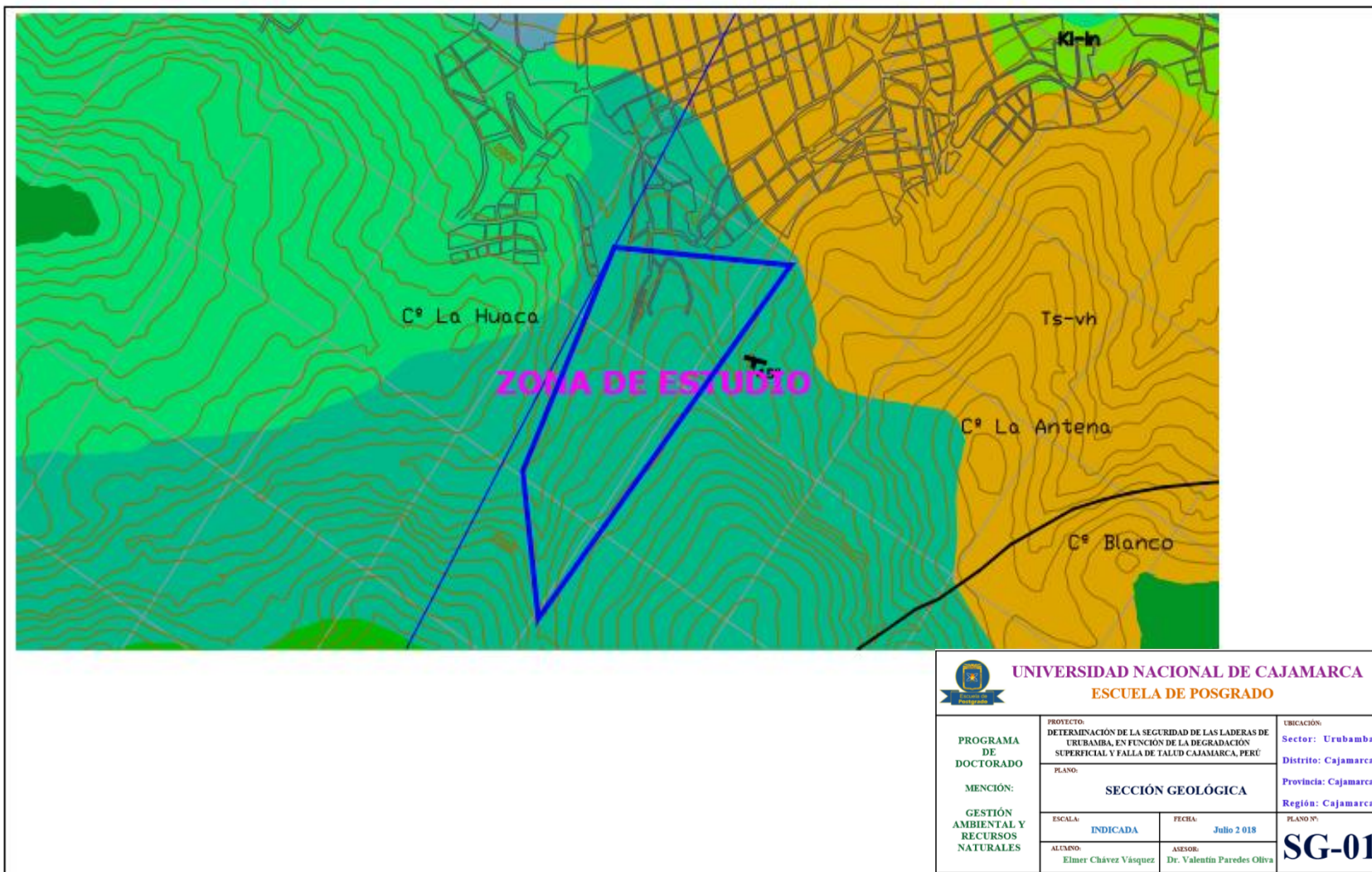


Figura 52. Línea geológica del sector Urubamba  
 Fuente: INGEMMET 2 005



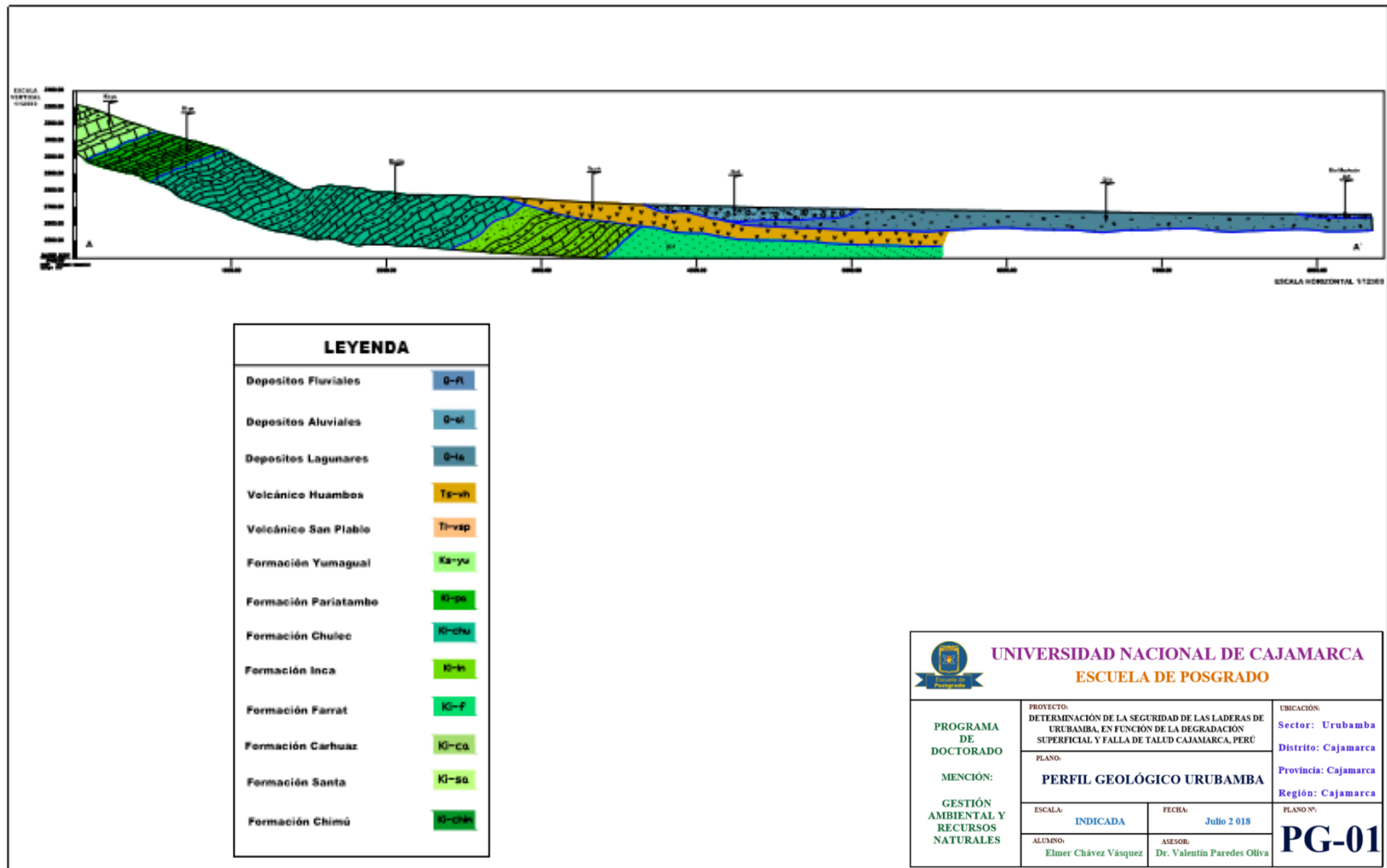


Figura 53. Perfil geológico del sector Urubamba  
Fuente: INGEMMET 2 005

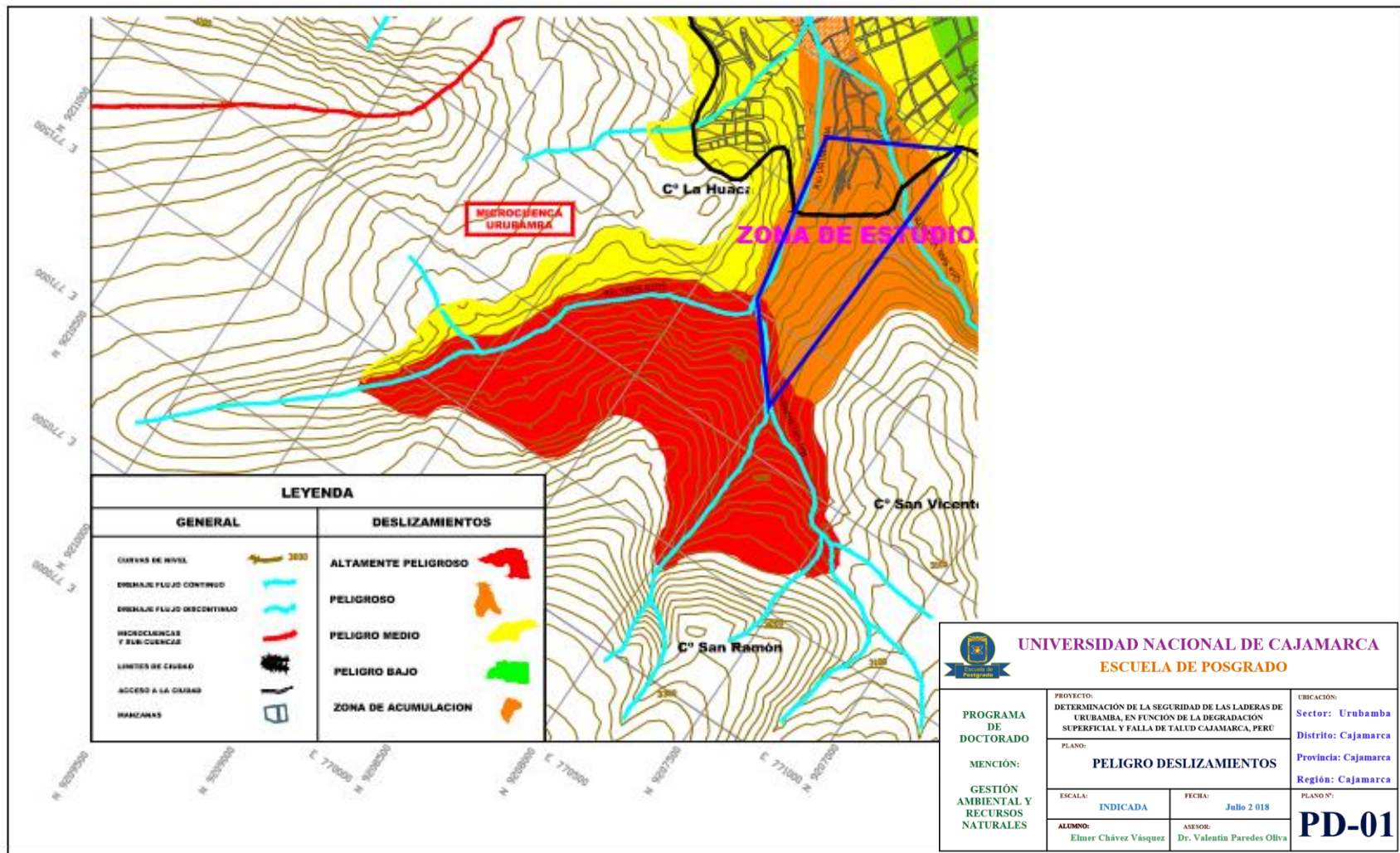


Figura 54. Peligro deslizamientos del sector Urubamba  
Fuente: INGEMMET 2 005



PROTOCOLO					
CONTENIDO DE HUMEDAD					
ASTM D2216					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara				
B	Peso del Recipiente	gr			
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr			
D	Recipiente + Suelo Seco	gr			
E	Peso del Agua (Ww) C - D	gr			
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr			
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%			
G	Promedio Porcentaje Humedad	%			

$$W\% = \frac{(W_w)}{W_s} 100$$

PROTOCOLO					
PESO UNITARIO					
ASTM D2216					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso del Suelo Seco	gr			
B	Peso Frasco Vacío	gr			
C	Peso Frasco + Agua	gr			
D	Peso Frasco + Agua + Suelo	gr			
E	Volumen de Sólidos C+B-D	cm <sup>3</sup>			
	Peso Unitario B / E	gr/cm <sup>3</sup>			
	Promedio	gr/cm <sup>3</sup>			

**PROTOCOLO**

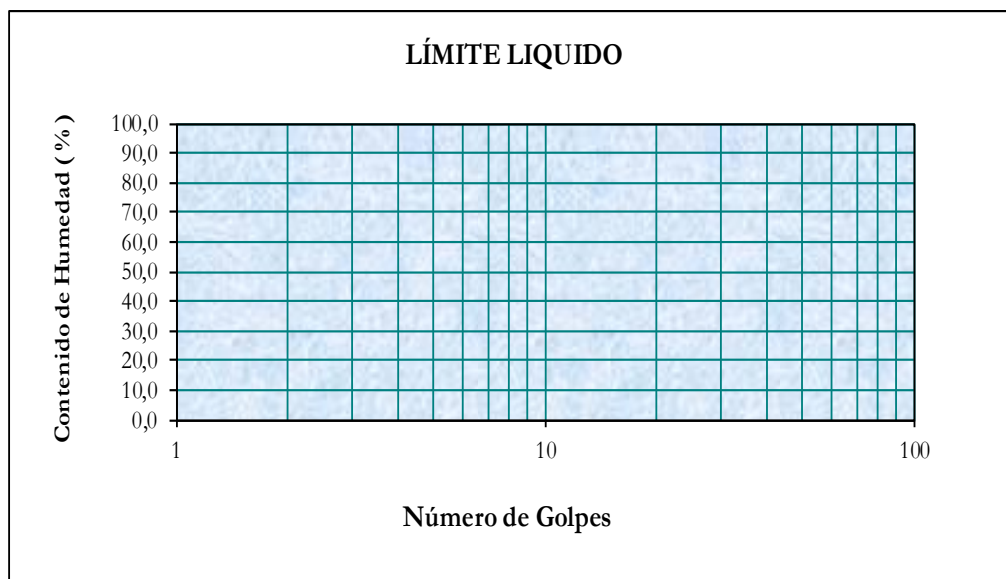
**LÍMITE LÍQUIDO LL**

ASTM D4318

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4	5
A	identificación de Recipiente	Nº					
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr					
C	Suelo Seco + Recipiente	gr					
D	Peso de Recipiente	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Número de Golpes	N					
H	Contenido de Humedad	%					

**DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO LP**

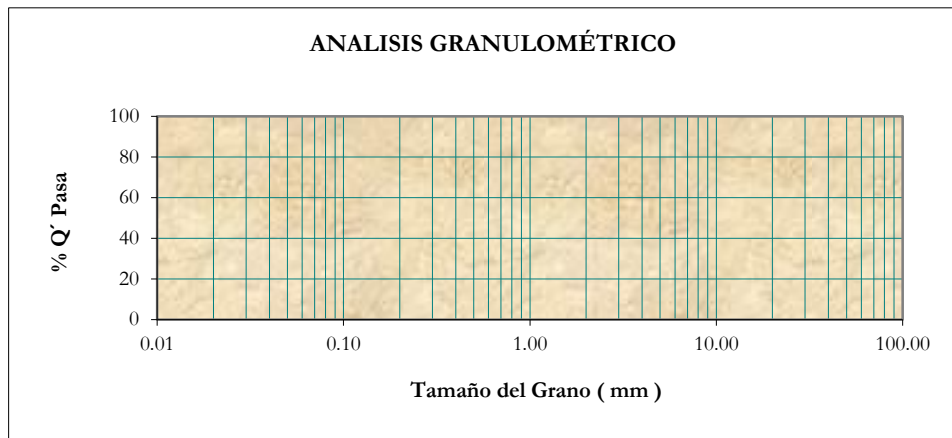
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	identificación de Recipiente	Nº					
B	Suelo Húmedo + Tara	gr					
C	Suelo Seco + Tara	gr					
D	Peso de Tara	gr					
E	Peso del Agua	gr					
F	Peso Suelo Seco	gr					
G	Contenido de Humedad	%					
H	Promedio Limite Plástico						



PROTOCOLO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	
ASTM D421	
Peso de la muestra seca Ws	gr

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO**

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4,76				
Nº10	2				
Nº20	0,84				
Nº30	0,59				
Nº40	0,42				
Nº60	0,25				
Nº100	0,15				
Nº200	0,074				
Perdida	Lavado				
Total					





**PROTOCOLO**  
**ENSAYO TRIAXIAL**  
ASTM 2850

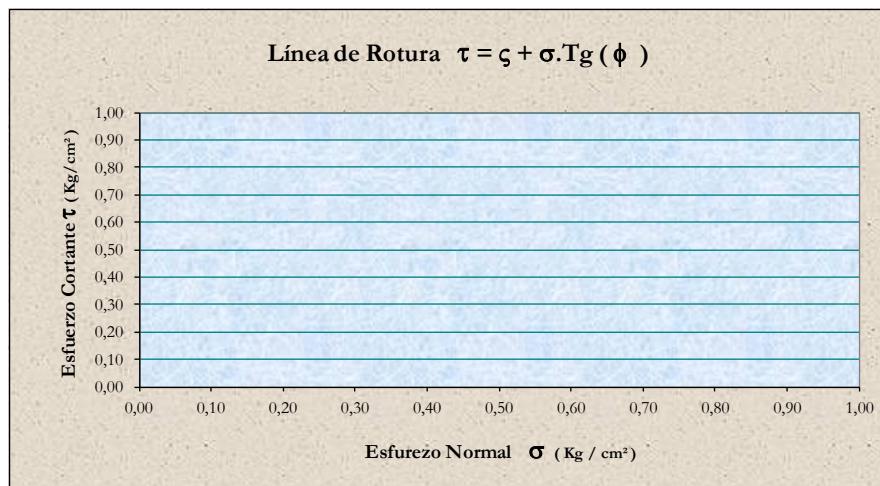
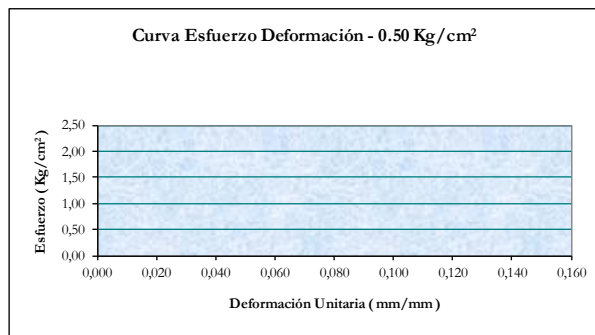
**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

ID	DESCRIPCIÓN	UND	DESCRIPCIÓN	UND
1	Diámetro Inferior	cm	Humedad	%
2	Diámetro Medio	cm	Grado de Saturación	%
3	Diámetro Superior	cm	Peso de la Muestra	gr
4	Diámetro Promedio	cm	Peso Unitario Seco	gr/cm3
5	Largo	cm	Esbeltez	L / D
6	Área	cm2	Volumen	cm3

**APLICACIÓN DE CARGA**

ID	DESCRIPCIÓN	UND
1	Velocidad de carga de la máquina	mm /min
2	Presión de confinamiento	$\sigma_3$
3	20 % de la deformación unitaria	

ID	Dial de deformación (cm)	Lectura de carga (kg)	Deformación unitaria ( $\epsilon$ )	Factor de corrección de área ( $1 - \epsilon$ )	Área corregida ( $A_c$ )	Esfuerzo desviador ( $\sigma_c$ )
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						





PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS

RESOLUCIÓN N°: 013669 -2014/DSD-INDECOPI

EXPEDIENTE : 0568525-2014

SOLICITANTE: HUATAY CASTREJON JORGE LUIS

Lima, 01 AGO 2014

**1. ANTECEDENTES:**

Con fecha 19 de Marzo de 2014, HUATAY CASTREJON JORGE LUIS, de Perú, solicita el registro de la marca de servicio constituida por la denominación SEGEING PROYECTOS para distinguir estudios de mecánica de suelos, estudios de materiales de construcción, control de calidad, diseño de mezclas de concreto, elaboración de estudios de ingeniería, de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

**2. EXAMEN DE REGISTRABILIDAD:**

Realizado el examen de registrabilidad del signo solicitado se concluye que cumple con los requisitos previstos en el artículo 134 de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y no se encuentra comprendido en las prohibiciones señaladas en los artículos 135 y 136 del dispositivo legal referido.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36, 40 y 41 de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, concordante con el artículo 4 del Decreto Legislativo N° 1075.

**3. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS:**

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de Servicio de la Propiedad Industrial, a favor de HUATAY CASTREJON JORGE LUIS, de Perú, la marca de servicio constituida por la denominación SEGEING PROYECTOS para distinguir estudios de mecánica de suelos, estudios de materiales de construcción, control de calidad, diseño de mezclas de concreto, elaboración de estudios de ingeniería, de la Clase 42 de la Clasificación Internacional, quedando bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado a partir de la fecha de la presente Resolución.



Regístrese y comuníquese

ALEXANDER OSORIO ROMERO  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN INTELLECTUAL  
Calle De la Prosa 104, San Borja, Lima 41 - Perú Telf.: 224 7800 / Fax: 377 9860  
e-mail: postmaster@indecopi.gob.pe / Web: www.indecopi.gob.pe

**CONSTANCIA DE LABORATORIO**

Al Ing. Elmer Chávez Vásquez, con registro CIP 91731, a quien se le ha realizado ensayos de ensayos de Mecánica de Suelos, como contenido de humedad ASTM D 2216, peso unitario ASTM D 854, análisis granulométrico ASTM D 422, límites de Atterberg ASTM D 4318 y ASTM D 4319, clasificación de suelos SUCS ASTM 2487 y AASHTO ASTM D 3282, ensayo triaxial ASTM D 2850 y consolidación unidimensional ASTM D 2435, como parte de la tesis doctoral titulada "Determinación de la seguridad de las laderas de Urubamba, en función de la degradación superficial y falla de talud Cajamarca, Perú".

Se otorga la presente constancia a solicitud del interesado para fines que crea conveniente.

Cajamarca, 12 de junio del 2017

  
-----  
Jorge Luis Huatay Castrejón  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 74880 - RMC 07727

# SEGEING PROYECTOS

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS

SOLICITA : *Ing. Elmer Chávez Vásquez*

**SECTOR URUBAMBA – DISTRITO DE CAJAMARCA – PROVINCIA DE  
CAJAMARCA – DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

PROYECTO:

**DETERMINACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS  
LADERAS DE URUBAMBA, EN FUNCIÓN DE LA  
DEGRADACIÓN SUPERFICIAL Y FALLA DE TALUD  
CAJAMARCA, PERÚ**


CAJAMARCA, MAYO DEL 2017

  
.....  
**Jorge Luis Huatay Castrejón**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74880 - RNC 07727



RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Caliente	Espesor Profundidad (m)	Humedad W (%)	Peso Líquido (gr/cm <sup>3</sup> ) LL (%)	Plástico LP (%)	Índice de Plasticidad PI (%)	Grado de Consistencia	Granulometría		Clasificación de Suelos			Ensayo Triaxial = $\frac{1}{3} \sigma_1 \sigma_3$ (t)										
							% (Por/Peso)	Nº 75	Nº 40	Nº 200	Clasificación USPTD		Suelo	T. Fundación	Simbología	Clasificación SCS	$\gamma$ (kg/cm <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )			
C-1	E2	0.60	29.38	2.67	65.00	31.00	33.00	0.70	97.09	88.21	66.18	A-7.5 (18)	Subo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas con limo		0.72	3.70	9.00	1.31	
	E3	1.45	31.57	2.65	32.00	47.00	5.00	4.00	97.09	89.05	65.55	A-5 (8)	Subo Limoso	Regular a Malo	MH	Limos Inorgánicos						
C-2	E2	0.40	22.51	2.51	42.00	39.00	3.00	6.00	97.00	89.07	65.42	A-5 (7)	Subo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos						
	E3	1.20	19.22	2.65	42.00	17.00	25.00	0.91	96.66	88.66	64.78	A-7.6 (13)	Subo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con limo						
C-3	E2	0.85	29.28	2.47	31.00	28.00	3.00	1.00	96.86	87.74	65.51	A-4 (7)	Subo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos						
	E3	1.25	26.56	2.41	31.00	25.00	6.00	1.00	96.38	88.19	65.75	A-4 (7)	Subo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos						
C-4	E2	0.60	36.04	2.67	44.00	33.00	9.00	0.93	97.60	88.35	66.00	A-5 (7)	Subo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos						
	E3	1.45	31.51	2.67	33.00	20.00	13.00	0.20	96.36	88.80	65.47	A-6 (9)	Subo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con limo						
C-5	E2	0.40	20.82	2.54	57.00	30.00	27.00	1.00	96.22	87.47	64.62	A-7.5 (16)	Subo Arcilloso	Regular a Malo	MH	Limos Inorgánicos						
	E3	1.30	18.85	2.65	47.00	26.00	21.00	1.00	96.89	88.26	67.19	A-7.6 (12)	Subo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con limo						
C-6	E2	0.85	30.40	2.51	57.00	28.00	29.00	0.92	96.26	86.74	63.15	A-7.6 (16)	Subo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas con limo						
	E3	1.25	27.13	2.45	44.00	40.00	4.00	4.75	96.70	87.70	65.94	A-5 (7)	Subo Limoso	Regular a Malo	ML	Limos Inorgánicos						

  
**Jorge Luis Huatay Casaregón**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 74880 - RNC 07727

*Jes*

Contenido de Humedad												
Observaciones:	Ubicación: C-4			Ubicación: C-5			Ubicación: C-6			Ubicación: C-6		
	E2	E3	Potencia	E2	E3	Potencia	E2	E3	Potencia	E2	E3	Potencia
<b>Jara Numero</b>	0,60	1,45	0,40	1,50	0,85	1,25	0,85	1,25	0,85	1,25	0,85	1,25
<b>Unidades</b>	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Peso Leno + Muestra Humeda	113,50	85,70	93,20	81,70	92,20	114,90	81,80	99,80	106,90	82,50	94,80	110,50
Peso Tasa + Muestra Seca	93,80	73,20	77,60	66,80	75,30	94,80	72,20	87,40	92,80	75,40	82,70	97,80
Peso de la Tasa	45,10	34,20	39,30	24,30	27,20	28,50	26,80	28,10	35,50	27,90	30,20	23,70
Peso de la Muestra Seca	50,10	39,00	38,30	42,50	51,10	66,30	45,40	59,30	59,30	47,50	53,00	67,60
Peso del Agua	17,10	12,80	15,60	14,90	14,90	20,10	9,60	12,40	12,10	7,10	12,10	12,70
Contenido de Humedad	33,33	32,08	40,73	35,08	29,16	30,32	21,13	20,91	20,40	14,95	22,83	18,79
Promedio	36,04			31,51			20,82		18,85		30,40	
Peso Unitario												27,13
<b>Observaciones:</b>	Ubicación: C-4			Ubicación: C-5			Ubicación: C-6			Ubicación: C-6		
	E2	E3	Potencia	E2	E3	Potencia	E2	E3	Potencia	E2	E3	Potencia
<b>Jara Numero</b>	0,60	1,45	0,40	1,50	0,85	1,25	0,85	1,25	0,85	1,25	0,85	1,25
<b>Unidades</b>	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Peso del Suelo Seco	111,80	129,60	122,90	117,90	101,80	112,40	180,60	103,70	98,70	121,40	123,60	102,70
Peso Franco Vacio	166,70	163,4	162,90	165,40	165,80	164,60	165,20	163,40	166,80	165,10	163,30	166,50
Peso Franco + Agua	660,20	660,00	660,30	660,20	660,20	660,20	660,30	660,30	660,30	661,30	661,30	661,30
Peso Franco + Agua + Suelo	731,80	731,70	738,20	745,30	735,70	722,80	726,80	722,20	726,30	731,30	723,30	733,60
Volumen de Sólidos	40,10	31,90	45,00	40,10	39,10	55,40	68,40	34,40	37,00	46,40	46,00	39,70
Peso Unitario	2,79	3,50	2,73	2,61	2,78	2,60	2,03	2,64	2,96	2,67	2,62	2,65
Promedio	2,67			2,67			2,54		2,65		2,51	

Fecha de Muestreo : Cajamarca / 18-03-2017

Contenido de humedad

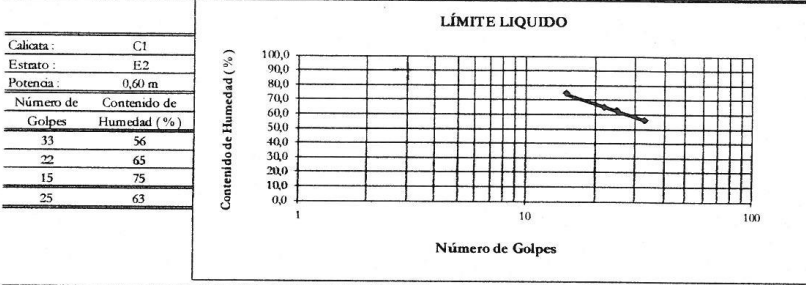
Observaciones:	Ubicación: C-1			Ubicación: C-2			Ubicación: C-3			Ubicación: C-3		
	E2	E3	Potencia:	E2	E3	Potencia:	E2	E3	Potencia:	E2	E3	Potencia:
Tara Número	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Humeda	Gr 116.20	88.80	94.30	82.80	92.40	113.80	82.30	100.90	106.10	83.80	95.10	111.80
Peso Tara + Muestra Seca	Gr 95.40	72.90	78.90	67.90	77.40	95.60	71.60	88.70	94.90	76.30	83.20	98.70
Peso de la Tara	Gr 45.00	32.15	38.20	23.80	28.30	29.10	27.90	29.10	36.40	28.50	31.30	29.30
Peso de la Muestra Seca	Gr 50.40	40.75	40.70	44.10	49.10	66.50	43.70	59.60	68.50	47.80	51.90	68.50
Peso del Agua	Gr 20.80	15.90	15.40	14.90	15.90	20.20	10.70	12.20	13.20	7.50	11.90	13.10
Contenido de Humedad	% 41.27	30.02	37.84	33.79	30.55	30.38	24.49	28.47	22.56	15.69	22.93	19.94
Promedio	39.38			31.97			22.91		19.22			23.88
Peso unitario												26.36

Observaciones:	Ubicación: C-1			Ubicación: C-2			Ubicación: C-3			Ubicación: C-3		
	E2	E3	Potencia:	E2	E3	Potencia:	E2	E3	Potencia:	E2	E3	Potencia:
Tara Número	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso del Suelo Seco	Gr 113.80	130.20	122.30	140.10	112.80	102.70	113.60	179.20	102.30	99.80	126.40	124.30
Peso Frasco Vacío	Gr 165.10	164.30	163.80	167.80	167.80	162.30	167.40	168.30	168.30	167.80	166.80	167.20
Peso Frasco + Agua	Gr 659.80	659.70	661.20	661.30	659.80	661.20	661.30	660.00	661.20	661.20	659.70	661.10
Peso Frasco + Agua + Suelo	Gr 731.90	739.60	738.00	747.70	732.00	724.00	727.20	771.90	709.50	721.70	736.00	739.50
Volumen de Sólidos	Cm <sup>3</sup> 41.70	50.30	45.30	53.70	40.60	39.90	46.10	68.60	41.50	39.40	44.40	46.00
Peso Unitario	Gr./Cm <sup>3</sup> 2.73	2.59	2.69	2.61	2.78	2.57	2.46	2.61	2.47	2.53	2.71	2.70
Promedio	2.67			2.65			2.51		2.45			2.47
												2.41

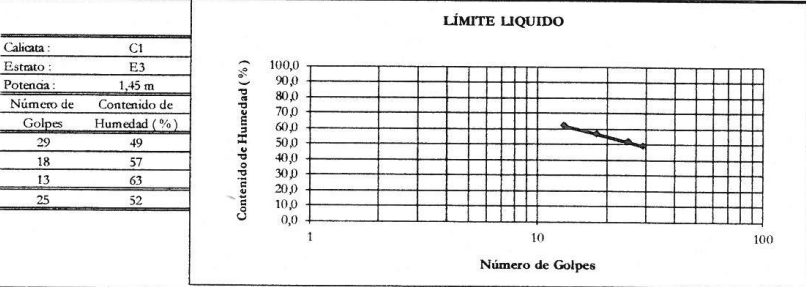
*Jesús*  
 Jorge Luis Huacay Caspeñón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74890 - RNC 07727

Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo : Cajamarca 18/ 03 / 2017

Límites de consistencia		Ubicación : Calicata C1			Potencia : 0,60 m			
		Estrato : E2						
Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	43,84	39,12	44,02	47,38	35,22	39,49	Límite Líquido: LL = 63%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	37,71	34,58	37,12	47,22	34,31	38,71	Límite Plástico: LP = 30%
Peso de la Tara	Gr	26,82	27,62	27,92	44,91	30,92	37,29	Índice de Plasticidad : IP = 33%
Peso de la Muestra Seca	Gr	10,89	6,96	9,20	2,31	3,39	1,42	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> = 39%
Peso del Agua	Gr	6,13	4,34	6,90	0,16	0,91	0,78	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> = 0,70
Contenido de Humedad	%	56,29	65,23	75,00	6,93	26,84	54,93	Grado de Consistencia : Suave
Número de Golpes		33	22	15	Promedio : 29,57			



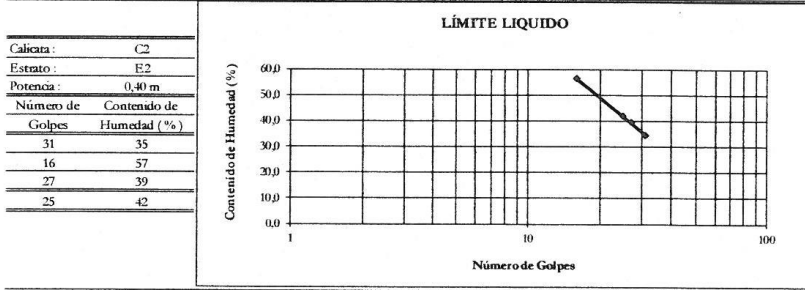
Límites de consistencia		Ubicación : Calicata C1			Potencia : 1,45 m			
		Estrato : E3						
Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	52,89	38,87	46,06	26,59	29,82	31,22	Límite Líquido: LL = 52%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	46,61	33,59	39,39	25,88	29,12	29,78	Límite Plástico: LP = 47%
Peso de la Tara	Gr	33,92	24,32	28,73	24,32	26,68	27,61	Índice de Plasticidad : IP = 6%
Peso de la Muestra Seca	Gr	12,69	9,27	10,66	1,56	2,44	2,17	Contenido de Humedad : W <sub>n</sub> = 32%
Peso del Agua	Gr	6,28	5,28	6,67	0,71	0,70	1,44	Grado de Consistencia : K <sub>w</sub> = 4
Contenido de Humedad	%	49,49	56,96	62,57	45,51	28,7	66,4	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida
Número de Golpes		29	18	13	Promedio : 46,9			



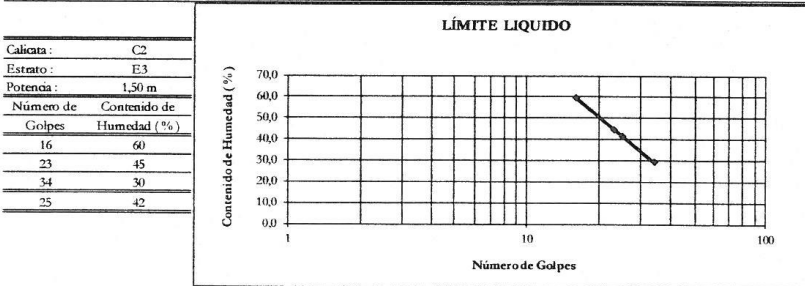
*JLC*  
 Jorge Luis Huatay Castro  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 077

Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo : Cajamarca 18 / 03 / 2017

LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación : Calicata C2		Potencia : 0,40 m					
		Estrato : E2							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	42,87	48,91	46,81	31,18	33,22	38,41	Límite Líquido: LL =	42%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	40,21	44,29	42,82	29,62	32,78	38,18	Límite Plástico: LP =	39%
Peso de la Tara	Gr	32,52	36,12	32,69	27,51	30,41	37,21	Índice de Plasticidad: IP =	3%
Peso de la Muestra Seca	Gr	7,69	8,17	10,13	2,11	2,37	0,97	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> =	23%
Peso del Agua	Gr	2,66	4,62	3,99	1,56	0,44	0,23	Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> =	6
Contenido de Humedad	%	34,59	56,55	39,39	73,93	18,57	23,71	Grado de Consistencia: Media Dura, Sólida	
Número de Golpes		31	16	27	Promedio :			38,74	



LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación : Calicata C2		Potencia : 1,50 m					
		Estrato : E3							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	60,61	68,48	71,98	30,62	31,82	31,79	Límite Líquido: LL =	42%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	48,89	56,39	62,50	30,48	31,31	31,61	Límite Plástico: LP =	17%
Peso de la Tara	Gr	29,22	29,31	30,41	29,22	29,22	30,42	Índice de Plasticidad: IP =	25%
Peso de la Muestra Seca	Gr	19,67	27,08	32,09	1,26	2,09	1,19	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> =	19%
Peso del Agua	Gr	11,72	12,09	9,48	0,14	0,51	0,18	Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> =	0,91
Contenido de Humedad	%	59,58	44,65	29,54	11,11	24,40	15,13	Grado de Consistencia: Plástica	
Número de Golpes		16	23	34	Promedio :			16,88	

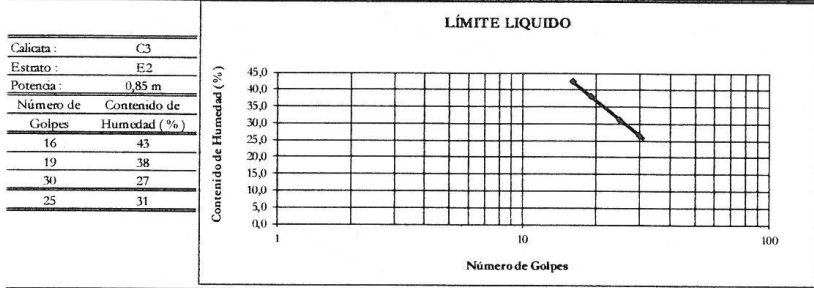


*JLC*  
 Jorge Luis Huatay Castro  
 INGENIERO CIVIL  
 CP Nº 74880 - RNC 0771

Ensayo : LÍMITES DE CONSISTENCIA  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma : ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma : ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo : Cajamarca 20/ 03 / 2017

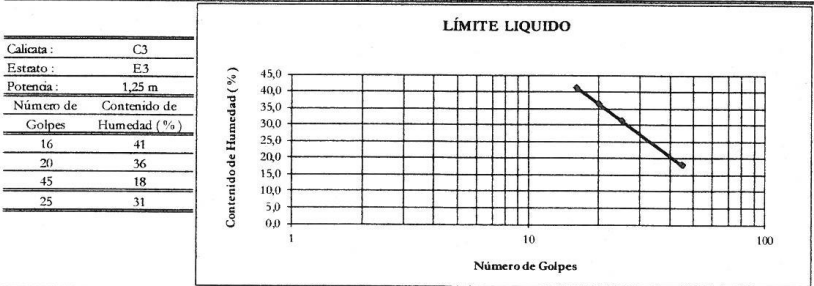
LÍMITES DE CONSISTENCIA Ubicación : Calicata C3 Potencia : 0,85 m  
 Estrato : E2

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
		1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	63,03	56,12	58,49	29,62	32,61	33,81	Límite Líquido: LL =	31%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	55,02	50,73	53,82	28,91	30,72	31,96	Límite Plástico: LP =	28%
Peso de la Tara	Gr	36,21	36,61	36,21	23,89	25,39	26,52	Índice de Plasticidad: IP =	3%
Peso de la Muestra Seca	Gr	18,81	14,12	17,61	5,02	5,33	5,44	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> =	29%
Peso del Agua	Gr	8,01	5,39	4,67	0,71	1,89	1,85	Grado de Consistencia: Kw =	1
Contenido de Humedad	%	42,58	38,17	26,52	14,14	35,46	34,01	Grado de Consistencia: Suave	
Número de Golpes		16	19	30	Promedio: 27,87				



LÍMITES DE CONSISTENCIA Ubicación : Calicata C3 Potencia : 1,25 m  
 Estrato : E3

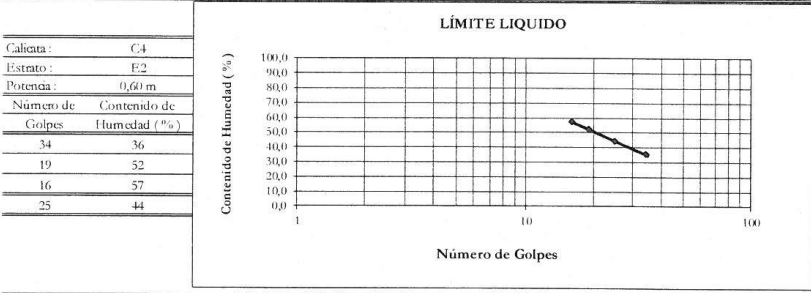
Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
		1	2	3	1	2	3		
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	60,16	59,81	62,69	43,58	55,12	45,72	Límite Líquido: LL =	31%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	54,68	53,58	59,42	40,21	47,51	45,65	Límite Plástico: LP =	25%
Peso de la Tara	Gr	41,41	36,51	41,31	27,45	31,14	40,78	Índice de Plasticidad: IP =	7%
Peso de la Muestra Seca	Gr	13,27	17,07	18,11	12,76	16,37	4,87	Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> =	27%
Peso del Agua	Gr	5,48	6,23	3,27	3,37	7,61	0,07	Grado de Consistencia: Kw =	1
Contenido de Humedad	%	41,30	36,50	18,06	26,41	46,51	1,44	Grado de Consistencia: Suave	
Número de Golpes		16	20	45	Promedio: 24,78				



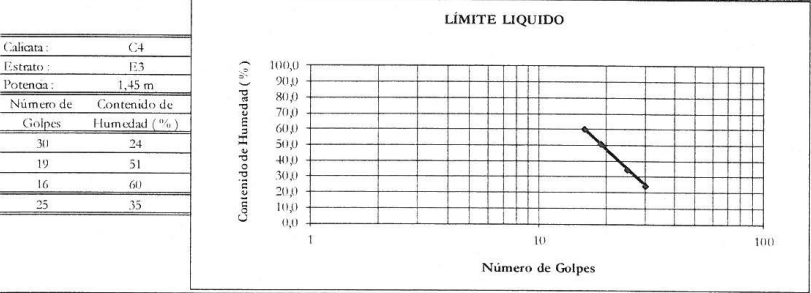
Jorge Luis Huatay Castrejón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 07727

Ensayo: LÍMITES DE CONSISTENCIA  
 LÍMITE LÍQUIDO Norma: ASTM D 4318  
 LÍMITE PLÁSTICO Norma: ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo: Cajamarca 20/ 03 / 2017

LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación: Calicata C4			Potencia: 0,60 m		
		Estrato: E2					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	42,81	38,27	43,12	47,22	34,81	48,31
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	38,59	33,69	36,71	46,49	32,61	41,88
Peso de la Tara	Gr	26,72	24,91	25,52	42,72	24,33	31,21
Peso de la Muestra Seca	Gr	11,87	8,78	11,19	3,77	8,28	10,67
Peso del Agua	Gr	4,22	4,58	6,41	0,73	2,20	6,43
Contenido de Humedad	%	35,55	52,2	57,28	19,36	26,57	60,26
Número de Golpes		34	19	16	Promedio: 35,40		



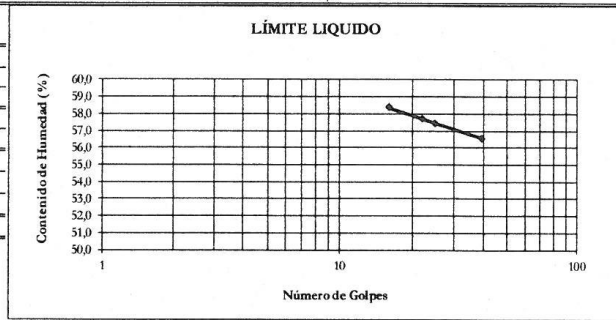
LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación: Calicata C4			Potencia: 1,45 m		
		Estrato: E3					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	48,92	39,81	49,32	27,22	48,88	39,36
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	45,81	34,32	41,21	26,31	45,38	39,15
Peso de la Tara	Gr	32,78	23,51	27,68	22,83	34,33	23,43
Peso de la Muestra Seca	Gr	13,03	10,81	13,53	3,48	11,05	15,72
Peso del Agua	Gr	3,11	5,49	8,11	0,91	3,50	0,21
Contenido de Humedad	%	23,87	50,79	59,94	26,15	31,7	1,3
Número de Golpes		30	19	16	Promedio: 19,7		



*JLC*  
 Jorge Luis Huatay Castr  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 077

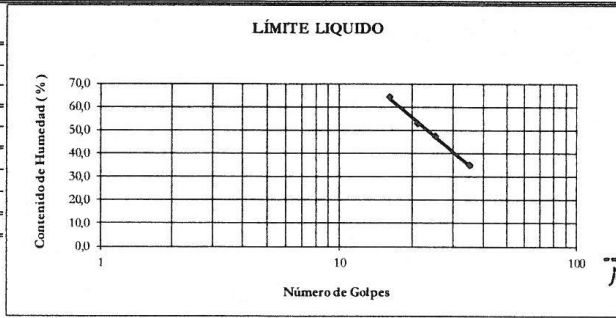
LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación: Calicata C5			Potencia: 0,40 m		
		Estrato: E2					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	65,08	66,29	68,40	32,22	31,69	39,19
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	55,85	54,94	58,15	30,31	30,53	37,42
Peso de la Tara	Gr	40,04	35,27	40,02	24,32	25,42	32,61
Peso de la Muestra Seca	Gr	15,81	19,67	18,13	5,99	5,11	4,81
Peso del Agua	Gr	9,23	11,35	10,25	1,91	1,16	1,77
Contenido de Humedad	%	58,38	57,70	56,54	31,9	22,70	36,80
Número de Golpes		16	22	39	Promedio: 30,46		

Calicata:	C5
Estrato:	E2
Potencia:	0,40 m
Número de Golpes	16
Contenido de Humedad (%)	58
	22
	39
	25



LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación: Calicata C5			Potencia: 1,50 m		
		Estrato: E3					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	59,81	69,52	72,92	30,12	32,11	32,22
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	47,49	55,68	61,78	28,71	31,32	30,92
Peso de la Tara	Gr	28,32	29,61	29,81	24,52	27,31	25,68
Peso de la Muestra Seca	Gr	19,17	26,07	31,97	4,19	4,01	5,24
Peso del Agua	Gr	12,32	13,84	11,14	1,41	0,79	1,30
Contenido de Humedad	%	64,27	53,09	34,85	33,7	19,70	24,81
Número de Golpes		16	21	35	Promedio: 26,05		

Calicata:	C5
Estrato:	E3
Potencia:	1,50 m
Número de Golpes	16
Contenido de Humedad (%)	64
	21
	35
	25



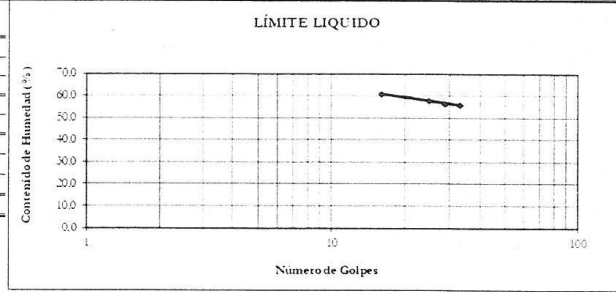
*JLC*  
**Jorge Luis Huatay Castrejón**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 0772



Ensayo: LÍMITES DE CONSISTENCIA  
 LIMITE LIQUIDO Norma: ASTM D 4318  
 LIMITE PLÁSTICO Norma: ASTM D 4319  
 Fecha de Muestreo: Casanare 20 03 2017

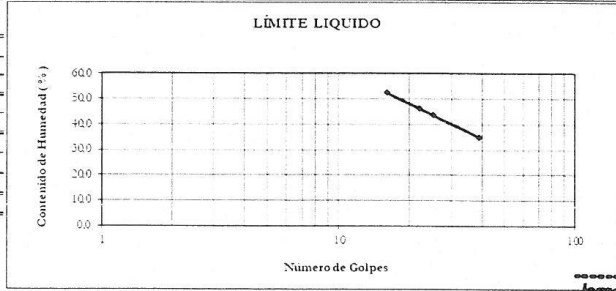
LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación: Calicata C6			Potencia: 0.35 m		
		Estrato: E2					
		LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara - Muestra Humeda	Gr	43.92	49.20	47.09	31.23	32.52	33.88
Peso Tara - Muestra Seca	Gr	39.81	44.21	41.98	30.21	32.31	31.71
Peso de la Tara	Gr	32.41	35.98	32.91	23.82	27.12	28.32
Peso de la Muestra Seca	Gr	7.40	8.23	9.07	6.39	5.19	3.39
Peso del Agua	Gr	4.11	4.99	5.11	1.02	0.21	2.17
Contenido de Humedad	%	55.54	60.63	56.34	15.96	4.05	64.01
Número de Golpes		33	16	29	Promedio: 28.01		

Calicata	C6
Estrato	E2
Potencia	0.35 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad %
33	56
16	61
29	56
28	57



LÍMITES DE CONSISTENCIA		Ubicación: Calicata C6			Potencia: 1.25 m		
		Estrato: E3					
		LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara - Muestra Humeda	Gr	62.17	63.19	65.63	42.72	39.22	45.78
Peso Tara - Muestra Seca	Gr	56.38	54.65	59.32	41.61	38.72	44.34
Peso de la Tara	Gr	39.72	36.12	41.33	38.72	37.48	40.92
Peso de la Muestra Seca	Gr	16.66	18.53	17.99	2.89	1.24	3.42
Peso del Agua	Gr	8.79	8.54	6.31	1.11	0.50	1.44
Contenido de Humedad	%	53.76	46.09	35.08	38.4	40.32	42.11
Número de Golpes		16	22	39	Promedio: 40.38		

Calicata	C6
Estrato	E3
Potencia	1.25 m
Número de Golpes	Contenido de Humedad %
16	53
22	46
39	35
25	44



*Jorge Luis Huatay Castrejón*

Jorge Luis Huatay Castrejón  
 INGENIERO CIVIL  
 CP Nº 74880 - RNC 07727

**Ensayo : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

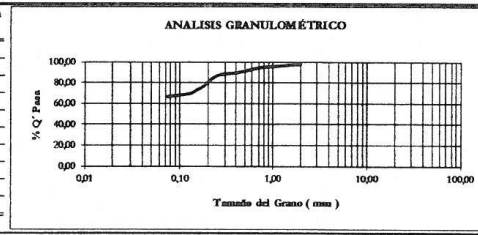
Norma : ASTM D 422

Fecha de Muestreo : 18/03/2017

Peso Inicial de la Muestra Seca	233,60	Gr	Ubicación :	C1
Peso de la Muestra Después del Labado	230,40	Gr	Estrato :	E2
Pérdida por Lavado	3,20	Gr	Potencia :	0,6

Tolerancia 1,37 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)	
10	2,000	6,8	2,91	97,09
20	0,840	6,1	2,61	94,48
30	0,590	5,20	2,25	92,25
40	0,420	7,10	3,04	89,21
60	0,250	6,80	2,91	86,30
80	0,177	23,90	10,23	76,07
100	0,149	8,40	3,60	72,47
120	0,125	8,20	3,51	68,96
200	0,074	6,50	2,78	66,18
Cazoleta		154,60	66,18	
Total Retenido :		233,60	100,00	

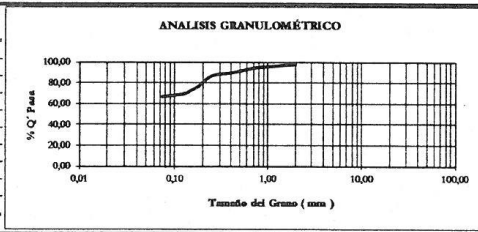


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	247,60	Gr	Ubicación :	C1
Peso de la Muestra Después del Labado	245,30	Gr	Estrato :	E3
Pérdida por Lavado	2,30	Gr	Potencia :	1,45

Tolerancia 0,93 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)	
10	2,000	7,2	2,91	97,09
20	0,840	6,5	2,63	94,47
30	0,590	5,80	2,34	92,12
40	0,420	7,60	3,07	89,05
60	0,250	8,30	3,35	85,70
80	0,177	24,30	9,81	75,89
100	0,149	8,50	3,43	72,46
120	0,125	9,20	3,72	68,74
200	0,074	7,90	3,19	65,55
Cazoleta		162,30	65,55	
Total Retenido :		247,60	100,00	

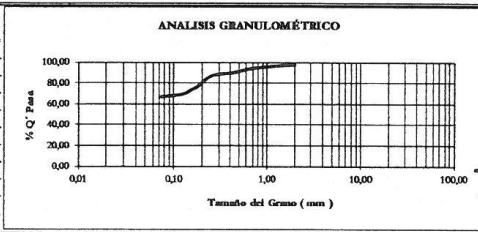


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	239,70	Gr	Ubicación :	C2
Peso de la Muestra Después del Labado	238,50	Gr	Estrato :	E2
Pérdida por Lavado	1,20	Gr	Potencia :	0,4

Tolerancia 0,50 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)	
10	2,000	7,2	3,00	97,00
20	0,840	6,3	2,63	94,37
30	0,590	5,80	2,42	91,95
40	0,420	6,90	2,88	89,07
60	0,250	7,30	3,05	86,02
80	0,177	24,50	10,22	75,80
100	0,149	8,60	3,59	72,22
120	0,125	8,40	3,50	68,71
200	0,074	7,90	3,30	65,12
Cazoleta		156,80	65,42	
Total Retenido :		239,70	100,00	



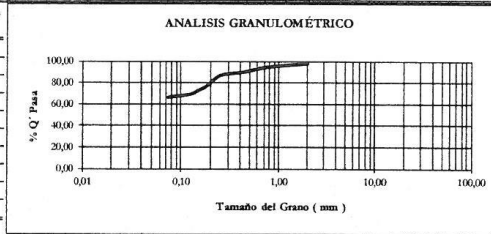
*JLC*

Jorge Luis Huotay Castrejón  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74880 - RNC 07727

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	257,49	Gr	Ubicación :	C2
Peso de la Muestra Después del Labado	254,30	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	3,19	Gr	Potencia:	1,5

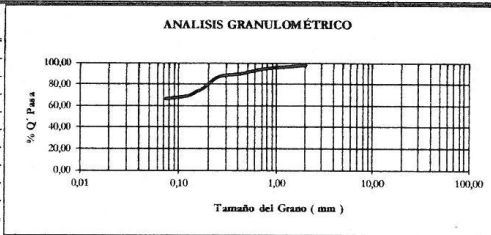
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido	% Q' Pasa
			1,24	
			%	Correcto
10	2,000	8,6	3,34	96,66
20	0,840	5,9	2,29	94,37
30	0,590	6,30	2,45	91,92
40	0,420	8,40	3,26	88,66
60	0,250	9,30	3,61	85,05
80	0,177	23,56	9,15	75,90
100	0,149	9,53	3,70	72,20
120	0,125	10,40	4,04	68,16
200	0,074	8,70	3,38	64,78
Cazoleta		166,80	64,78	
<b>Total Retenido :</b>		<b>257,49</b>	<b>100,00</b>	



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	241,91	Gr	Ubicación :	C3
Peso de la Muestra Después del Labado	238,50	Gr	Estrato :	E2
Perdida por Lavado	3,41	Gr	Potencia:	0,85

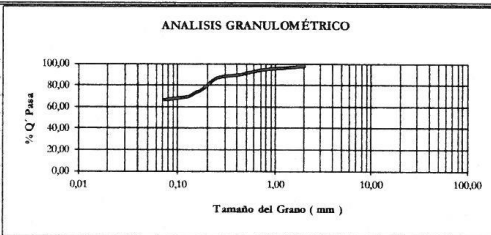
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido	% Q' Pasa
			1,41	
			%	Correcto
10	2,000	7,6	3,14	96,86
20	0,840	5,8	2,40	94,46
30	0,590	8,13	3,36	91,10
40	0,420	8,12	3,36	87,74
60	0,250	7,14	2,95	84,79
80	0,177	22,45	9,28	75,51
100	0,149	9,40	3,89	71,63
120	0,125	7,60	3,14	68,48
200	0,074	7,20	2,98	65,51
Cazoleta		158,47	65,51	
<b>Total Retenido :</b>		<b>241,91</b>	<b>100,00</b>	



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	262,50	Gr	Ubicación :	C3
Peso de la Muestra Después del Labado	259,30	Gr	Estrato :	E3
Perdida por Lavado	3,20	Gr	Potencia:	1,25

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido	% Q' Pasa
			1,22	
			%	Correcto
10	2,000	9,5	3,62	96,38
20	0,840	6,4	2,44	93,94
30	0,590	6,70	2,55	91,39
40	0,420	8,40	3,20	88,19
60	0,250	7,40	2,82	85,37
80	0,177	23,60	8,99	76,38
100	0,149	9,80	3,73	72,65
120	0,125	8,60	3,28	69,37
200	0,074	9,50	3,62	65,75
Cazoleta		172,60	65,75	
<b>Total Retenido :</b>		<b>262,50</b>	<b>100,00</b>	



*JL*

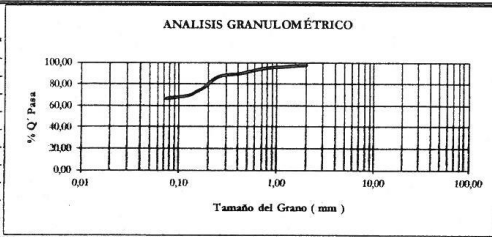
Jorge Luis Huatay Castrejón  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74880 - RNC 07727

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	246,20	Gr	Ubicación :	C4
Peso de la Muestra Después del Labado	244,60	Gr	Estrato :	E2
Pérdida por Lavado	1,60	Gr	Potencia :	0,6

Tolerancia 0,65 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	5,9	2,40	97,60
20	0,840	7,8	3,17	94,44
30	0,590	6,30	2,56	91,88
40	0,420	8,20	3,33	88,55
60	0,250	7,40	3,01	85,54
80	0,177	22,90	9,30	76,24
100	0,149	8,50	3,45	72,79
120	0,125	9,30	3,78	69,01
200	0,074	7,40	3,01	66,00
<b>Cazoleta</b>		<b>162,50</b>	<b>66,00</b>	
<b>Total Retenido :</b>		<b>246,20</b>	<b>100,00</b>	

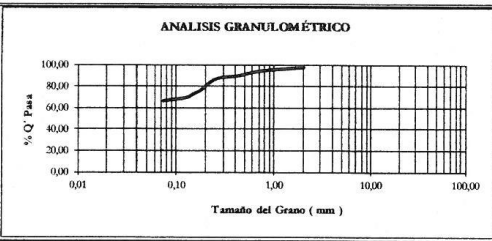


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	269,60	Gr	Ubicación :	C4
Peso de la Muestra Después del Labado	264,50	Gr	Estrato :	E3
Pérdida por Lavado	5,10	Gr	Potencia :	1,45

Tolerancia 1,89 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	9,8	3,64	96,36
20	0,840	7,5	2,78	93,58
30	0,590	6,50	2,41	91,17
40	0,420	6,40	2,37	88,80
60	0,250	9,30	3,45	85,35
80	0,177	27,50	10,20	75,15
100	0,149	9,20	3,41	71,74
120	0,125	8,60	3,19	68,55
200	0,074	8,30	3,08	65,47
<b>Cazoleta</b>		<b>176,50</b>	<b>65,47</b>	
<b>Total Retenido :</b>		<b>269,60</b>	<b>100,00</b>	

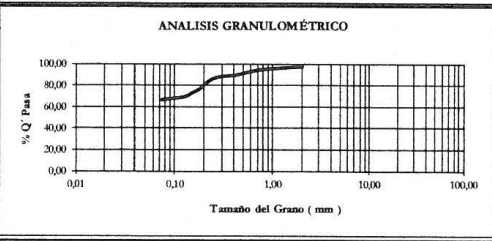


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	251,30	Gr	Ubicación :	C5
Peso de la Muestra Después del Labado	247,60	Gr	Estrato :	E2
Pérdida por Lavado	3,70	Gr	Potencia :	0,4

Tolerancia 1,47 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Q' Pasa
10	2,000	9,5	3,78	96,22
20	0,840	6,7	2,67	93,55
30	0,590	5,90	2,35	91,21
40	0,420	9,40	3,74	87,47
60	0,250	7,60	3,02	84,44
80	0,177	22,80	9,07	75,37
100	0,149	10,30	4,10	71,27
120	0,125	9,50	3,78	67,49
200	0,074	7,20	2,87	64,62
<b>Cazoleta</b>		<b>162,40</b>	<b>64,62</b>	
<b>Total Retenido :</b>		<b>251,30</b>	<b>100,00</b>	



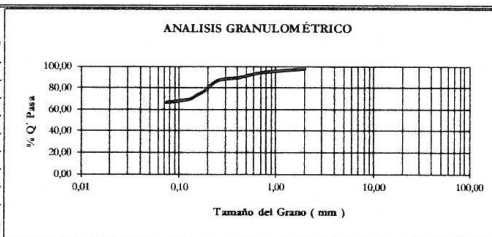
*JL*  
**Jorge Luis Huatay Castrej**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 07727

**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	263,30	Gr	Ubicación:	C5
Peso de la Muestra Después del Labado	258,70	Gr	Estrato:	E3
Pérdida por Lavado	4,60	Gr	Potencia:	1,45

Tolerancia 1,75 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)
10	2,000	8,2	3,11
20	0,840	7,9	3,00
30	0,590	6,40	2,43
40	0,420	8,40	3,19
60	0,250	9,30	3,53
80	0,177	19,70	7,48
100	0,149	9,60	3,65
120	0,125	8,40	3,19
200	0,074	8,50	3,23
Cazoleta	176,90	67,19	
<b>Total Retenido:</b>	<b>263,30</b>	<b>100,00</b>	

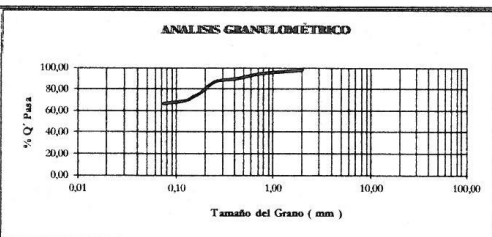


**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	230,10	Gr	Ubicación:	C6
Peso de la Muestra Después del Labado	227,40	Gr	Estrato:	E2
Pérdida por Lavado	2,70	Gr	Potencia:	0,85

Tolerancia 1,17 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)
10	2,000	8,6	3,74
20	0,840	7,4	3,22
30	0,590	6,30	2,74
40	0,420	8,20	3,56
60	0,250	8,60	3,74
80	0,177	20,50	8,91
100	0,149	9,40	4,09
120	0,125	8,30	3,61
200	0,074	7,50	3,26
Cazoleta	145,30	63,15	
<b>Total Retenido:</b>	<b>230,10</b>	<b>100,00</b>	

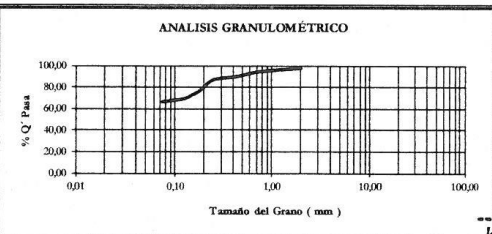


**ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO**

Peso Inicial de la Muestra Seca	261,00	Gr	Ubicación:	C6
Peso de la Muestra Después del Labado	257,60	Gr	Estrato:	E3
Pérdida por Lavado	3,40	Gr	Potencia:	1,25

Tolerancia 1,30 % Correcto

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Q' Pasa (%)
10	2,000	8,6	3,30
20	0,840	7,4	2,84
30	0,590	6,80	2,61
40	0,420	9,30	3,56
60	0,250	8,20	3,14
80	0,177	22,30	8,54
100	0,149	9,70	3,72
120	0,125	8,40	3,22
200	0,074	8,20	3,14
Cazoleta	172,10	65,94	
<b>Total Retenido:</b>	<b>261,00</b>	<b>100,00</b>	



Jorge Luis Huatay Castrejón  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 74880 - RNC 07727

**Clasificación de suelos SUCS**

Ubicación :	C - 1	Potencia :	0,60 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			66,18
Límite Líquido	LL =		63 %
Límite Plástico	LP =		30 %
Índice de Plasticidad	IP =		33 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>CH</b>	Son arcillas de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 %, y se caracterizan por ser muy compresibles.	

**Clasificación de suelos SUCS**

Ubicación :	C - 1	Potencia :	1,45 m
Estrato :	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,55
Límite Líquido	LL =		52 %
Límite Plástico	LP =		47 %
Índice de Plasticidad	IP =		5 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>MH</b>	Son limos de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 % y se caracterizan por ser muy compresibles.	

**Clasificación de suelos SUCS**

Ubicación :	C - 2	Potencia :	0,40 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,42
Límite Líquido	LL =		42 %
Límite Plástico	LP =		39 %
Índice de Plasticidad	IP =		3 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	

-----  
**Jorge Luis Huatay Castrejón**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 07727

*Clasificación de suelos SUCS*

Ubicación:	C - 2	Potencia:	1,50 m
Estrato:	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			64,78
Límite Líquido	LL =		42 %
Límite Plástico	LP =		17 %
Índice de Plasticidad	IP =		25 %
<i>Características del Suelo:</i>	<b>CL</b>	Son arcillas de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	

*Clasificación de suelos SUCS*

Ubicación:	C - 3	Potencia:	0,85 m
Estrato:	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,51
Límite Líquido	LL =		31 %
Límite Plástico	LP =		28 %
Índice de Plasticidad	IP =		3 %
<i>Características del Suelo:</i>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	

*Clasificación de suelos SUCS*

Ubicación:	C - 3	Potencia:	1,25 m
Estrato:	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,75
Límite Líquido	LL =		31 %
Límite Plástico	LP =		25 %
Índice de Plasticidad	IP =		6 %
<i>Características del Suelo:</i>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	



Jorge Luis Huatay Castrejón  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74880 - RNC 07727

Ubicación :	C - 4	Potencia :	0,60 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			66,00
Límite Líquido	LL =		44 %
Límite Plástico	LP =		35 %
Índice de Plasticidad	IP =		9 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, con límite líquido menor a 50 % y se caracterizan por ser poco compresibles.	
<b>Clasificación de suelos SUCS</b>			
Ubicación :	C - 4	Potencia :	1,45 m
Estrato :	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,47
Límite Líquido	LL =		35 %
Límite Plástico	LP =		20 %
Índice de Plasticidad	IP =		15 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>CL</b>	Son arcillas de baja plasticidad, es decir con límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	
<b>Clasificación de suelos SUCS</b>			
Ubicación :	C - 5	Potencia :	0,40 m
Estrato :	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			64,62
Límite Líquido	LL =		57 %
Límite Plástico	LP =		30 %
Índice de Plasticidad	IP =		27 %
<b>Características del Suelo :</b>	<b>MH</b>	Son limos de alta plasticidad, con límite líquido mayor a 50 % y se caracterizan por ser muy compresibles.	



Jorge Luis Huatay Castrejón  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74880 - RNC 077



**Clasificación de suelos SUCS**

Ubicación:	C - 5	Potencia:	1,50 m
Estrato:	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			67,19
Límite Líquido	LL =		47 %
Límite Plástico	LP =		26 %
Índice de Plasticidad	IP =		21 %
<b>Características del Suelo:</b>	<b>CL</b>	Son arcillas de baja plasticidad, es decir un límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	

**Clasificación de suelos SUCS**

Ubicación:	C - 6	Potencia:	0,85 m
Estrato:	E - 2		
% Que Pasa la Malla N° 200			63,15
Límite Líquido	LL =		57 %
Límite Plástico	LP =		28 %
Índice de Plasticidad	IP =		29 %
<b>Características del Suelo:</b>	<b>CH</b>	Son arcillas de alta plasticidad, un límite líquido mayor a 50 %, y se caracterizan por ser muy compresibles.	

**Clasificación de suelos SUCS**

Ubicación:	C - 6	Potencia:	1,25 m
Estrato:	E - 3		
% Que Pasa la Malla N° 200			65,94
Límite Líquido	LL =		44 %
Límite Plástico	LP =		40 %
Índice de Plasticidad	IP =		4 %
<b>Características del Suelo:</b>	<b>ML</b>	Son limos de baja plasticidad, es decir un límite líquido menor a 50 % se caracterizan por tener de baja a media compresibilidad.	

**Jorge Luis Huatay Castrejón**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP N° 74880 - RNC 07727**

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 1	Potencia:	0,40 m
% Que Pasa la Malla N° 200	66,18	<b>Estrato:</b>	<b>E - 2</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	89,21	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	97,09	a =	31,18	IG = 18,00
Límite Líquido LL =	63 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	30 %	c =	20,00	
Índice de Plasticidad IP =	33 %	d =	20,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 7</b>			
Suelo:	<b>A - 7 - 5 ( 18 )</b>			
Tipo de Material:	Suelo Arcilloso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 1	Potencia:	1,50 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,55	<b>Estrato:</b>	<b>E - 3</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	89,05	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	97,09	a =	30,55	IG = 8,00
Límite Líquido LL =	52 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	47 %	c =	12,00	
Índice de Plasticidad IP =	5 %	d =	0,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 5</b>			
Suelo:	<b>A - 5 ( 8 )</b>			
Tipo de Material:	Suelo Limoso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 2	Potencia:	1,40 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,42	<b>Estrato:</b>	<b>E - 2</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	89,07	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	97,00	a =	30,42	IG = 7,00
Límite Líquido LL =	42 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	39 %	c =	2,00	
Índice de Plasticidad IP =	3 %	d =	0,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 5</b>			
Suelo:	<b>A - 5 ( 7 )</b>			
Tipo de Material:	Suelo Limoso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

**Jorge Luis Huatay Castrejón**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74880 - RNC 07727

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 2	Potencia:	0,30 m
% Que Pasa la Malla N° 200	64,78	<b>Estrato:</b>	<b>E - 3</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	88,66	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,66	a =	29,78	IG = 13,00
Límite Líquido LL =	42 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	17 %	c =	2,00	
Índice de Plasticidad IP =	25 %	d =	15,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 7 - 6</b>			
Suelo:	<b>A - 7 - 6 (B)</b>			
Tipo de Material:	Suelo Arcilloso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 3	Potencia:	0,90 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,51	<b>Estrato:</b>	<b>E - 2</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	87,74	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,86	a =	30,51	IG = 7,00
Límite Líquido LL =	31 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	28 %	c =	0,00	
Índice de Plasticidad IP =	3 %	d =	0,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 4</b>			
Suelo:	<b>A - 4 (7)</b>			
Tipo de Material:	Suelo Limoso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 3	Potencia:	1,20 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,75	<b>Estrato:</b>	<b>E - 3</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	88,19	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,38	a =	30,75	IG = 7,00
Límite Líquido LL =	31 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	25 %	c =	0,00	
Índice de Plasticidad IP =	6 %	d =	0,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 4</b>			
Suelo:	<b>A - 4 (7)</b>			
Tipo de Material:	Suelo Limoso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			



**Jorge Luis Huatay Castrejón**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74880 - RNC 07777

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 4	Potencia:	0,60 m
% Que Pasa la Malla N° 200	66,00	<b>Estrato:</b>	<b>E - 2</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	88,55	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	97,60	a =	31,00	IG = 7,00
Límite Líquido LL =	44 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	35 %	c =	4,00	
Índice de Plasticidad IP =	9 %	d =	0,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 5</b>			
Suelo:	<b>A - 5 (7)</b>			
Tipo de Material:	Suelo Lamoso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 4	Potencia:	1,45 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,47	<b>Estrato:</b>	<b>E - 3</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	88,80	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,36	a =	30,47	IG = 9,00
Límite Líquido LL =	35 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	20 %	c =	0,00	
Índice de Plasticidad IP =	15 %	d =	5,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 6</b>			
Suelo:	<b>A - 6 (9)</b>			
Tipo de Material:	Suelo Arcilloso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

**CLASIFICACIÓN AASHTO**

Parámetros Usados	Ubicación:	C - 5	Potencia:	0,40 m
% Que Pasa la Malla N° 200	64,62	<b>Estrato:</b>	<b>E - 2</b>	
% Que Pasa la Malla N° 40	87,47	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,22	a =	29,62	IG = 16,00
Límite Líquido LL =	57 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	30 %	c =	17,00	
Índice de Plasticidad IP =	27 %	d =	17,00	
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos:	<b>A - 7-5</b>			
Suelo:	<b>A - 7 - 5 (16)</b>			
Tipo de Material:	Suelo Arcilloso			
Terreno de Fundación:	Regular a Malo			

  
**Jorge Luis Huatay Castrejón**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 07727

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados	Ubicación :	C - 5	Potencia :	1,50 m
% Que Pasa la Malla N° 200	67,19	Estrato :	E - 3	
% Que Pasa la Malla N° 40	88,26	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,89	a =	32,19	IG = 12,00
Límite Líquido LL =	47 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	26 %	c =	7,00	
Índice de Plasticidad IP =	21 %	d =	11,00	
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos :	A - 7 - 6			
Suelo :	A - 7 - 6 ( 12 )			
Tipo de Material :	Suelo Arcilloso			
Terreno de Fundación :	Regular a Malo			

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados	Ubicación :	C - 6	Potencia :	0,85 m
% Que Pasa la Malla N° 200	63,15	Estrato :	E - 2	
% Que Pasa la Malla N° 40	86,74	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,26	a =	28,15	IG = 16,00
Límite Líquido LL =	57 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	28 %	c =	17,00	
Índice de Plasticidad IP =	29 %	d =	19,00	
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos :	A - 7 - 6			
Suelo :	A * 7 * 6 ( 16 )			
Tipo de Material :	Suelo Arcilloso			
Terreno de Fundación :	Regular a Malo			

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados	Ubicación :	C - 6	Potencia :	1,25 m
% Que Pasa la Malla N° 200	65,94	Estrato :	E - 3	
% Que Pasa la Malla N° 40	87,70	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10	96,70	a =	30,94	IG = 7,00
Límite Líquido LL =	44 %	b =	40,00	
Límite Plástico LP =	40 %	c =	4,00	
Índice de Plasticidad IP =	4 %	d =	0,00	
Tipo de Suelo :	Material Limo Arcilloso			
Clasificación de Suelos :	A - 5			
Suelo :	A - 5 ( 7 )			
Tipo de Material :	Suelo Limoso			
Terreno de Fundación :	Regular a Malo			

  
 Jorge Luis Huatay Castrejón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 07727

Ensayo: ENSAYO TRIAXIAL Fecha de Muestreo: 18/03/2017  
Norma: ASTM D 2850

Ubicada: CI

ENSAYO TRIAXIAL

Alta Inicial de la Muestra: Ho = 8.09 cm Potencia: 1.45 m

Diametro de la Muestra: D<sub>0</sub> = 4.02 cm Tiempo: Garga Esfuerzo Deformación Esfuerzo Deformación

Area Inicial de la Muestra: A<sub>0</sub> = 12.69 cm<sup>2</sup> (Minutos) (Kg) (Kg/cm<sup>2</sup>) (cm) (cm<sup>2</sup>) (Kg/cm<sup>2</sup>) (Kg/cm<sup>2</sup>)

Contenido de Humedad: W (%) = 31.57 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 12.602 0.000 0.000 0.000

Observaciones: σ<sub>1</sub> = 1.89 Kg/cm<sup>2</sup> 1.00 5.00 0.39 0.08 12.819 0.0099 0.0099 0.339

σ<sub>2</sub> = 2.39 Kg/cm<sup>2</sup> 2.00 10.00 0.79 0.12 12.883 0.0148 0.0148 0.78

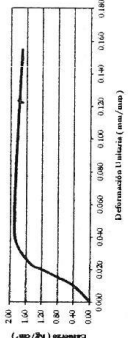
σ<sub>3</sub> = 0.50 Kg/cm<sup>2</sup> 3.00 15.00 1.16 0.16 12.948 0.0198 0.0198 1.16

Esfuerzo de Falla: σ<sub>1</sub> = 2.39 Kg/cm<sup>2</sup> 4.00 20.00 1.58 0.20 13.014 0.0247 0.0247 1.54

Esfuerzo de Ensayo: σ<sub>1</sub> = 0.50 Kg/cm<sup>2</sup> 5.00 25.00 1.97 0.34 13.249 0.0420 0.0420 1.89

Cargas: C<sub>1</sub> = 1.44 Kg/cm<sup>2</sup> 6.00 30.00 2.05 1.25 15.012 0.1545 0.1545 1.73

Radio: R<sub>1</sub> = 0.94 Kg/cm<sup>2</sup>



Ubicada: CI

ENSAYO TRIAXIAL

Alta Inicial de la Muestra: Ho = 8.02 cm Potencia: 1.45 m

Diametro de la Muestra: D<sub>0</sub> = 4.03 cm Tiempo: Garga Esfuerzo Deformación Esfuerzo Deformación

Area Inicial de la Muestra: A<sub>0</sub> = 12.76 cm<sup>2</sup> (Minutos) (Kg) (Kg/cm<sup>2</sup>) (cm) (cm<sup>2</sup>) (Kg/cm<sup>2</sup>) (Kg/cm<sup>2</sup>)

Contenido de Humedad: W (%) = 31.57 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 12.726 0.0000 0.0000 0.000

Observaciones: σ<sub>1</sub> = 2.01 Kg/cm<sup>2</sup> 1.00 5.00 0.39 0.09 12.782 0.0135 0.0135 0.39

σ<sub>2</sub> = 3.01 Kg/cm<sup>2</sup> 2.00 10.00 0.78 0.14 12.828 0.0207 0.0207 0.75

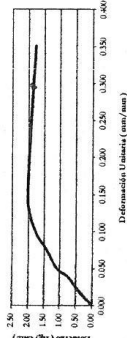
σ<sub>3</sub> = 0.50 Kg/cm<sup>2</sup> 3.00 15.00 1.18 0.21 12.883 0.0287 0.0287 1.12

Esfuerzo de Falla: σ<sub>1</sub> = 3.01 Kg/cm<sup>2</sup> 4.00 20.00 1.57 0.32 12.948 0.0373 0.0373 1.45

Esfuerzo de Ensayo: σ<sub>1</sub> = 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> 5.00 25.00 1.96 0.40 13.014 0.0498 0.0498 1.76

Cargas: C<sub>1</sub> = 2.00 Kg/cm<sup>2</sup> 6.00 30.00 2.35 1.17 14.934 0.1459 0.1459 2.01

Radio: R<sub>1</sub> = 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> 7.00 35.00 2.74 2.82 19.673 0.3516 0.3516 1.78



Ubicada: CI

ENSAYO TRIAXIAL

Alta Inicial de la Muestra: Ho = 8.03 cm Potencia: 1.45 m

Diametro de la Muestra: D<sub>0</sub> = 4.01 cm Tiempo: Garga Esfuerzo Deformación Esfuerzo Deformación

Area Inicial de la Muestra: A<sub>0</sub> = 12.63 cm<sup>2</sup> (Minutos) (Kg) (Kg/cm<sup>2</sup>) (cm) (cm<sup>2</sup>) (Kg/cm<sup>2</sup>) (Kg/cm<sup>2</sup>)

Contenido de Humedad: W (%) = 31.57 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 12.659 0.0000 0.0000 0.000

Observaciones: σ<sub>1</sub> = 2.20 Kg/cm<sup>2</sup> 1.00 5.00 0.40 0.34 13.018 0.0299 0.0299 0.38

σ<sub>2</sub> = 3.70 Kg/cm<sup>2</sup> 2.00 10.00 0.79 0.35 13.204 0.0435 0.0435 0.76

σ<sub>3</sub> = 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> 3.00 15.00 1.19 0.47 13.413 0.0585 0.0585 1.12

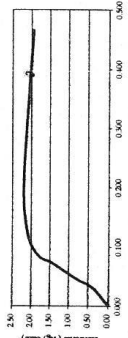
Esfuerzo de Falla: σ<sub>1</sub> = 2.20 Kg/cm<sup>2</sup> 4.00 20.00 1.58 0.69 13.629 0.0734 0.0734 1.47

Esfuerzo de Ensayo: σ<sub>1</sub> = 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> 5.00 25.00 1.98 0.68 13.796 0.0846 0.0846 1.81

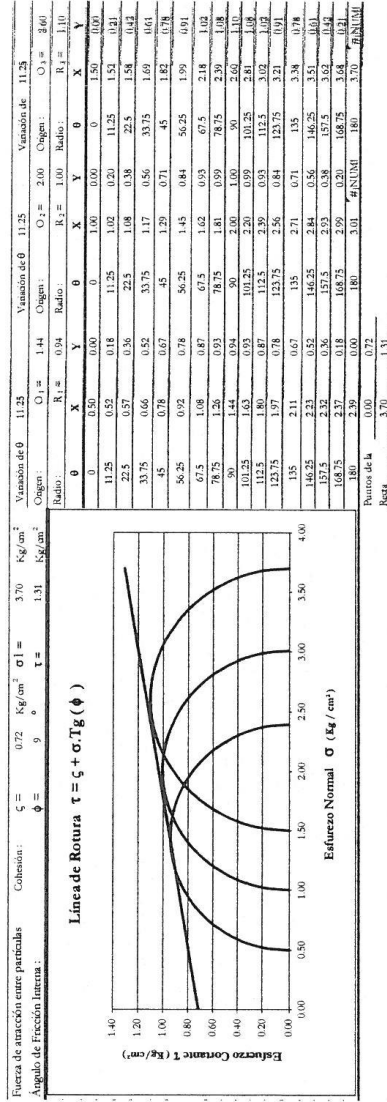
Cargas: C<sub>1</sub> = 2.60 Kg/cm<sup>2</sup> 6.00 30.00 2.38 0.97 14.302 0.1206 0.1206 2.09

Radio: R<sub>1</sub> = 1.10 Kg/cm<sup>2</sup> 7.00 35.00 2.77 1.66 15.915 0.2365 0.2365 2.20

σ<sub>1</sub> = 3.64 Kg/cm<sup>2</sup> 8.00 40.00 3.64 3.74 21.614 0.4652 0.4652 1.95



*Jed*  
 Jorge Luis Huatay Castrojón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 74880 - RMC 07727

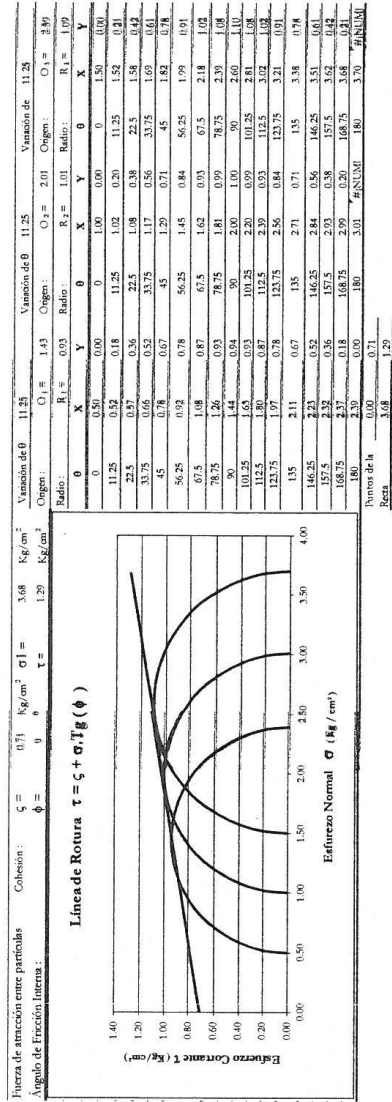


*Sege*  
 Jorge Luis Huotary Castañeda  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 74850 - RNC 07727

Ensayo: ENSAYO TRIAXIAL		Fecha de Muestras: 18/03/2017	
Norma: ASTM D 2850		Ubicación: C1	
<b>ENSAYO TRIAXIAL</b>			
Altura Inicial de la Muestra: Ho =	8.07 mm	Potencia: 1.50 m	
Diámetro de la Muestra: Do =	4.04 mm	Entrada: E1	
Área Inicial de la Muestra: Ao =	12.92 cm <sup>2</sup>	Tiempo (Minutos):	
Contenido de Humedad: W (%) =	19.22	0.00	0.00
Observaciones:		1.00	5.00
Esfuerzo de Falla: σ <sub>f</sub> =	1.87 kg/cm <sup>2</sup>	10.00	10.00
Esfuerzo de Ensayo: σ <sub>e</sub> =	2.17 kg/cm <sup>2</sup>	15.00	1.17
Órgano: C <sub>1</sub> =	1.43 kg/cm <sup>2</sup>	20.00	1.56
Radio: R <sub>1</sub> =	0.93 kg/cm <sup>2</sup>	25.00	1.99
		30.00	2.36
		35.00	2.74
		40.00	3.12
		45.00	3.50
		50.00	3.88
		55.00	4.26
		60.00	4.64
		65.00	5.02
		70.00	5.40
		75.00	5.78
		80.00	6.16
		85.00	6.54
		90.00	6.92
		95.00	7.30
		100.00	7.68
		105.00	8.06
		110.00	8.44
		115.00	8.82
		120.00	9.20
		125.00	9.58
		130.00	9.96
		135.00	10.34
		140.00	10.72
		145.00	11.10
		150.00	11.48
		155.00	11.86
		160.00	12.24
		165.00	12.62
		170.00	13.00
		175.00	13.38
		180.00	13.76
		185.00	14.14
		190.00	14.52
		195.00	14.90
		200.00	15.28
		205.00	15.66
		210.00	16.04
		215.00	16.42
		220.00	16.80
		225.00	17.18
		230.00	17.56
		235.00	17.94
		240.00	18.32
		245.00	18.70
		250.00	19.08
		255.00	19.46
		260.00	19.84
		265.00	20.22
		270.00	20.60
		275.00	20.98
		280.00	21.36
		285.00	21.74
		290.00	22.12
		295.00	22.50
		300.00	22.88
		305.00	23.26
		310.00	23.64
		315.00	24.02
		320.00	24.40
		325.00	24.78
		330.00	25.16
		335.00	25.54
		340.00	25.92
		345.00	26.30
		350.00	26.68
		355.00	27.06
		360.00	27.44
		365.00	27.82
		370.00	28.20
		375.00	28.58
		380.00	28.96
		385.00	29.34
		390.00	29.72
		395.00	30.10
		400.00	30.48
		405.00	30.86
		410.00	31.24
		415.00	31.62
		420.00	32.00
		425.00	32.38
		430.00	32.76
		435.00	33.14
		440.00	33.52
		445.00	33.90
		450.00	34.28
		455.00	34.66
		460.00	35.04
		465.00	35.42
		470.00	35.80
		475.00	36.18
		480.00	36.56
		485.00	36.94
		490.00	37.32
		495.00	37.70
		500.00	38.08
		505.00	38.46
		510.00	38.84
		515.00	39.22
		520.00	39.60
		525.00	39.98
		530.00	40.36
		535.00	40.74
		540.00	41.12
		545.00	41.50
		550.00	41.88
		555.00	42.26
		560.00	42.64
		565.00	43.02
		570.00	43.40
		575.00	43.78
		580.00	44.16
		585.00	44.54
		590.00	44.92
		595.00	45.30
		600.00	45.68
		605.00	46.06
		610.00	46.44
		615.00	46.82
		620.00	47.20
		625.00	47.58
		630.00	47.96
		635.00	48.34
		640.00	48.72
		645.00	49.10
		650.00	49.48
		655.00	49.86
		660.00	50.24
		665.00	50.62
		670.00	51.00
		675.00	51.38
		680.00	51.76
		685.00	52.14
		690.00	52.52
		695.00	52.90
		700.00	53.28
		705.00	53.66
		710.00	54.04
		715.00	54.42
		720.00	54.80
		725.00	55.18
		730.00	55.56
		735.00	55.94
		740.00	56.32
		745.00	56.70
		750.00	57.08
		755.00	57.46
		760.00	57.84
		765.00	58.22
		770.00	58.60
		775.00	58.98
		780.00	59.36
		785.00	59.74
		790.00	60.12
		795.00	60.50
		800.00	60.88
		805.00	61.26
		810.00	61.64
		815.00	62.02
		820.00	62.40
		825.00	62.78
		830.00	63.16
		835.00	63.54
		840.00	63.92
		845.00	64.30
		850.00	64.68
		855.00	65.06
		860.00	65.44
		865.00	65.82
		870.00	66.20
		875.00	66.58
		880.00	66.96
		885.00	67.34
		890.00	67.72
		895.00	68.10
		900.00	68.48
		905.00	68.86
		910.00	69.24
		915.00	69.62
		920.00	70.00
		925.00	70.38
		930.00	70.76
		935.00	71.14
		940.00	71.52
		945.00	71.90
		950.00	72.28
		955.00	72.66
		960.00	73.04
		965.00	73.42
		970.00	73.80
		975.00	74.18
		980.00	74.56
		985.00	74.94
		990.00	75.32
		995.00	75.70
		1000.00	76.08



*Jesús*  
 Jorge Luis Huatay Castreyda  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74850 - RNC 07727



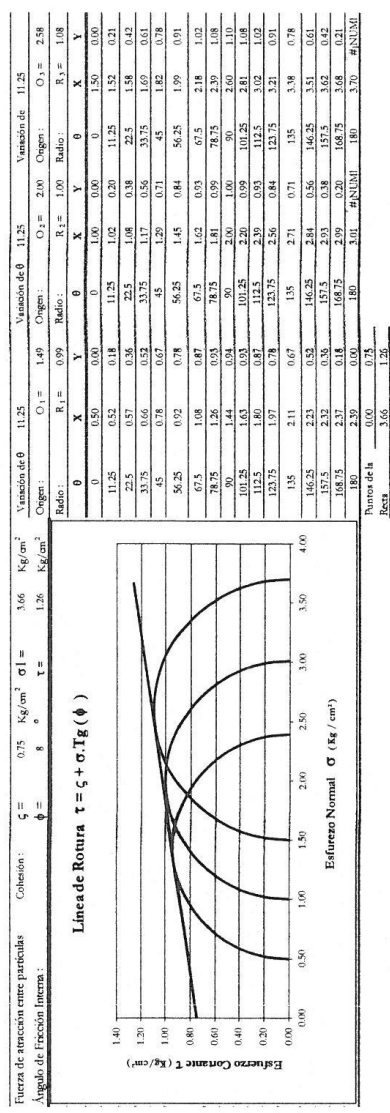
*Jed*

Jorge Luis Huatay Cástrojn  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 74850 - RNC 0772

Norma:		Fecha de Muestras:		Situación C1		Situación C2		Situación C3	
ENSAYO TRIAXIAL		ASTM D 299		18/03/2017		E3		E3	
<b>ENSAYO TRIAXIAL</b>									
Alura Inicial de la Muestra: $H_0 = 8.10$ cm									
Diámetro de la Muestra: $D_0 = 4.05$ cm									
Área Inicial de la Muestra: $A_0 = 12.76$ cm <sup>2</sup>									
Contenido de Humedad: $W(\%) = 26.85$									
Observaciones:									
Esfuerzo: $\sigma_1 = 1.99$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Esfuerzo de Ensayo: $\sigma_2 = 0.90$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Cargos: $Q_1 = 1.89$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Radio: $R_1 = 0.99$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Potencia: 1.25 m									
Tiempo (Minutos):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación (cm):									
Área Corregida (cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (mm/mm):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (mm/mm):									
<b>ENSAYO TRIAXIAL</b>									
Alura Inicial de la Muestra: $H_0 = 8.10$ cm									
Diámetro de la Muestra: $D_0 = 4.04$ cm									
Área Inicial de la Muestra: $A_0 = 12.82$ cm <sup>2</sup>									
Contenido de Humedad: $W(\%) = 26.86$									
Observaciones:									
Esfuerzo: $\sigma_1 = 2.01$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Esfuerzo de Ensayo: $\sigma_2 = 1.00$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Cargos: $Q_1 = 2.00$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Radio: $R_1 = 1.00$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Potencia: 1.25 m									
Tiempo (Minutos):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación (cm):									
Área Corregida (cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (mm/mm):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (mm/mm):									
<b>ENSAYO TRIAXIAL</b>									
Alura Inicial de la Muestra: $H_0 = 8.10$ cm									
Diámetro de la Muestra: $D_0 = 4.05$ cm									
Área Inicial de la Muestra: $A_0 = 12.86$ cm <sup>2</sup>									
Contenido de Humedad: $W(\%) = 26.86$									
Observaciones:									
Esfuerzo: $\sigma_1 = 2.06$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Esfuerzo de Ensayo: $\sigma_2 = 1.00$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Cargos: $Q_1 = 2.00$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Radio: $R_1 = 1.00$ Kg/cm <sup>2</sup>									
Potencia: 1.25 m									
Tiempo (Minutos):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación (cm):									
Área Corregida (cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (mm/mm):									
Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ):									
Deformación Unitaria (mm/mm):									

*Jed*

Jorge Luis Huayán Castrojón  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 74880 - RNC 07727



Ensayo: ENSAYO TRIAXIAL Fecha de Muestras: 18/03/2017  
 Norma: ASTM D 2850

**ENSAYO TRIAXIAL** Ubicación: C1

Altura Inicial de la Muestra: Ho = 8.11 cm  
 Diámetro de la Muestra: Do = 4.02 cm  
 Área Inicial de la Muestra: Ao = 12.69 cm<sup>2</sup>  
 Contenido de Humedad: W (%) = 31.51

Potencia: 1.45 m

Tiempo (Minutos)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (cm)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Deformación Uniaxial (cm)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00
1.00	5.00	0.39	0.07	12.803	0.0086	0.39
2.00	10.00	0.79	0.10	12.851	0.0123	0.78
3.00	15.00	1.18	0.16	12.948	0.0197	1.16
4.00	20.00	1.58	0.20	13.013	0.0247	1.54
5.00	25.00	1.97	0.33	13.231	0.0407	1.89
6.00	30.00	2.36	1.23	14.951	0.1517	2.01

Observaciones:  
 Esfuerzo de Falla: σ<sub>f</sub> = 2.01 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Esfuerzo: σ = 2.51 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Esfuerzo de Ensayo: σ<sub>e</sub> = 0.50 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Origen: C<sub>1</sub> = 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Radio: R<sub>1</sub> = 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>

**ENSAYO TRIAXIAL** Ubicación: C1

Altura Inicial de la Muestra: Ho = 8.11 cm  
 Diámetro de la Muestra: Do = 4.03 cm  
 Área Inicial de la Muestra: Ao = 12.76 cm<sup>2</sup>  
 Contenido de Humedad: W (%) = 31.51

Potencia: 1.45 m

Tiempo (Minutos)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (cm)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Deformación Uniaxial (cm)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00
1.00	5.00	0.39	0.15	12.796	0.0145	0.38
2.00	10.00	0.78	0.29	13.229	0.0358	0.76
3.00	15.00	1.18	0.41	13.435	0.0696	1.12
4.00	20.00	1.57	0.62	13.811	0.0754	1.45
5.00	25.00	1.96	0.77	14.094	0.0949	1.77
6.00	30.00	2.35	1.15	14.863	0.1418	2.02
7.00	35.00	2.74	2.79	19.445	0.3440	1.80

Observaciones:  
 Esfuerzo de Falla: σ<sub>f</sub> = 2.02 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Esfuerzo: σ = 3.02 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Esfuerzo de Ensayo: σ<sub>e</sub> = 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Origen: C<sub>1</sub> = 2.03 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Radio: R<sub>1</sub> = 1.03 Kg/cm<sup>2</sup>

**ENSAYO TRIAXIAL** Ubicación: C1

Altura Inicial de la Muestra: Ho = 8.08 cm  
 Diámetro de la Muestra: Do = 4.01 cm  
 Área Inicial de la Muestra: Ao = 12.63 cm<sup>2</sup>  
 Contenido de Humedad: W (%) = 31.51

Potencia: 1.45 m

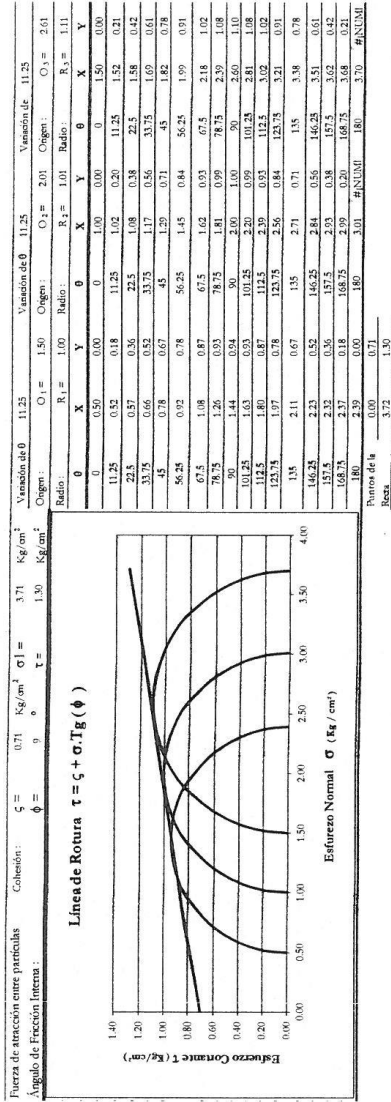
Tiempo (Minutos)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (cm)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Deformación Uniaxial (cm)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00
1.00	5.00	0.40	0.21	12.829	0.0260	0.39
2.00	10.00	0.79	0.34	13.184	0.0421	0.76
3.00	15.00	1.19	0.46	13.922	0.0569	1.12
4.00	20.00	1.58	0.57	13.988	0.0705	1.47
5.00	25.00	1.98	0.67	13.771	0.0829	1.82
6.00	30.00	2.38	0.94	14.292	0.1103	2.10
7.00	35.00	2.77	1.65	15.821	0.2017	2.21
8.00	40.00	3.17	3.80	23.82	0.4703	1.68

Observaciones:  
 Esfuerzo de Falla: σ<sub>f</sub> = 2.21 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Esfuerzo: σ = 3.71 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Esfuerzo de Ensayo: σ<sub>e</sub> = 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Origen: C<sub>1</sub> = 2.61 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Radio: R<sub>1</sub> = 1.11 Kg/cm<sup>2</sup>

*Jed*

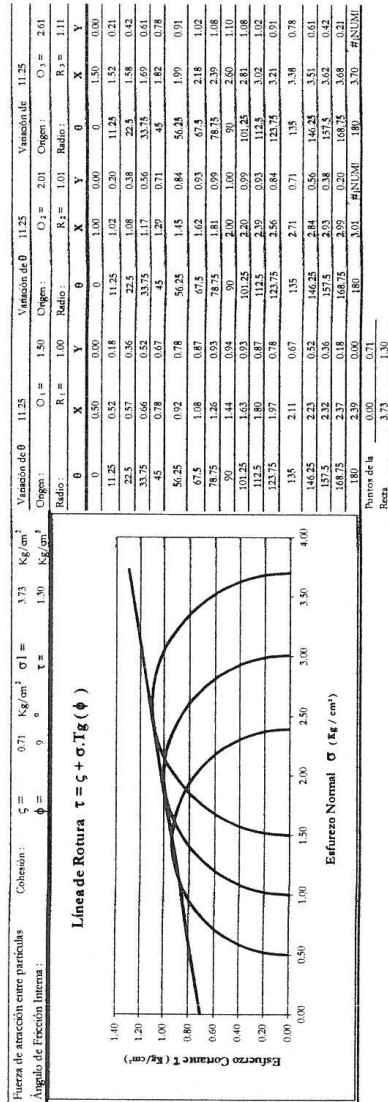
Jorge Luis Huatry Castrojón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 74880 - RNC 07727

*Jed*  
 Jorge Luis Hinzley Castrojón  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 74880 - RNC 07727





*Jed*  
**Jorge Luis Huayán Castro**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 74880 - RNC 07727







*Jesús*  
 Jorge Luis Huidobro Castrojón  
 INGENIERO CIVIL  
 CP N° 74380 - RNC 07727

