



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Influencia del nivel freático en la determinación de la capacidad portante de suelos en cimentaciones superficiales de la localidad de Pucacaca provincia de Picota región San Martín**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

**Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**

**José Yorli Dávila Alarcón**

**ASESOR:**

**Ing. Ivan Gustavo Reátegui Acedo**

**Tarapoto – Perú**

**2019**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Influencia del nivel freático en la determinación de la capacidad portante de suelos en cimentaciones superficiales de la localidad de Puacaca provincia de Picota región San Martín**

#### AUTORES:

**Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**

**José Yorli Dávila Alarcón**

**Sustentada y aprobada el 24 de abril del 2019, ante el honorable jurado:**

.....  
**Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz**

**Presidente**

.....  
**Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón**

**Secretario**

.....  
**Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar**

**Vocal**

.....  
**Ing. Ivan Gustavo Reátegui Acedo**

**Asesor**

## Declaratoria de autenticidad

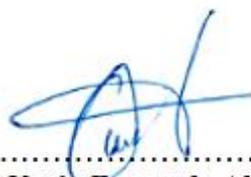
**Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**, con DNI N° 71831745 y **José Yorli Dávila Alarcón**, con DNI N° 70578192, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autores de la tesis titulada: **Influencia del nivel freático en la determinación de la capacidad portante de suelos en cimentaciones superficiales de la localidad de Pucacaca provincia de Picota región San Martín.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 24 de abril del 2019.



.....  
**Bach. Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**

DNI N° 71831745



.....  
**Bach. José Yorli Dávila Alarcón**

DNI N° 70578192

## Declaración Jurada

**Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**, con DNI N° 71831745, domicilio legal en Jr. San Martín N° 113 – Morales y **José Yorli Dávila Alarcón**, con DNI N° 70578192, domicilio legal en Jr. Progreso S/N – Pinto Recodo, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos Bajo Juramento** que, toda la documentación y todos los datos e información de la presente tesis, que acompaño es verás y auténtica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 24 de abril del 2019.



.....  
**Bach. Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**

DNI N° 71831745



.....  
**Bach. José Yorli Dávila Alarcón**

DNI N° 70578192

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	Altamirano Ramos Elvis Kevin Fernando		
Código de alumno :	123101	Teléfono:	942306031
Correo electrónico :	altamirano_ksv@holmail.com	DNI:	71831745

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil.

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título:	Influencia del Nivel Freático en la determinación de la Capacidad Portante de Suelos en cimentaciones Superficiales de la Localidad de Pucallaca Provincia de Río de Reyes San Martín
Año de publicación:	2019

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

07 / 06 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	DAVILA AIARCON JOSE YORLI		
Código de alumno :	113143	Teléfono:	996 06 8973
Correo electrónico :	davilecivi@gmail.com	DNI:	70578192

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SOELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA, REGION SAN MARTIN.
Año de publicación:	2019

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

07 / 06 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

  
Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a mis padres: Fernando y Maribel, quienes me enseñaron a luchar por un sueño, sobre todo me apoyaron con la enseñanza de grandes virtudes, por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A mis hermanos, y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación profesional.

**Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi madre la señora Noelia Alarcón Tello, quien ha sido mi fortaleza, mi más grande motivación, con sus enseñanzas he podido alcanzar cumplir mis objetivos, con sus consejos he sido perseverante en los momentos difíciles, desde el jardín a la universidad fue ella la que siempre estuvo ahí luchando junto conmigo para ser una persona de bien para la sociedad.

**José Yorli Dávila Alarcón**

## **Agradecimientos**

A Dios, por cuidarme y guiarme siempre por los senderos de la vida. Muchas han sido las personas que han estado involucradas en mi proceso de formación profesional: mis hermanos, abuelitos, tíos, amigos; sin embargo, hay quienes sin importar deseos propios lo han dado todo por ti, Maribel y Fernando, mis padres, a ellos mi infinito agradecimiento por sus consejos, amistad, compañía y apoyo incondicional a través de todos estos años.

Hoy con el presente trabajo de tesis estoy a punto de concretar uno de mis más grandes objetivos en la vida, ser Ingeniero Civil. Y como no agradecer a mi alma mater, la Universidad Nacional de San Martín, por darme la oportunidad de estudiar y conocer gente tan instruida como Docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura que con su conocimiento y amistad han logrado encaminarme en el maravilloso mundo de la ingeniería

**Elvis Kevin Fernando Altamirano Ramos**

Agradezco a Dios por brindarme buena salud y fortaleza, a mi madre por confiar en mí y apoyarme incondicionalmente, a mi Familia por parte ALARCÓN y por parte DÁVILA por ser quienes con su cariño y su amor me brindaron respaldo y fuerzas para seguir adelante, a mi hermana Jani Dávila Alarcón porque sus consejos y cariño me motivaron para cumplir mi meta, a mi primo Aníbal Carrero Alarcón por tratarme como un hermano y siempre apoyarme cuando tenía dificultades, a mis grandes amigos que encontré en la universidad quienes unidos nos hemos motivado para cumplir con nuestra meta, a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y al Ing. Asesor de la presente Tesis, por su apoyo incondicional, tanto moral como académico, para lograr el presente objetivo.

**José Yorli Dávila Alarcón**

## Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Índice general .....	viii
Índice de tablas .....	xii
Índice de figuras .....	xiv
Resumen .....	xvi
Abstract.....	xvii
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
1.1 Aspectos Generales .....	3
1.1.1 Ubicación y Localización del Proyecto .....	3
1.1.2 Acceso al Área de Estudio .....	4
1.1.2.1 Vía Terrestre.....	4
1.1.2.2 Vía Fluvial.....	5
1.1.3 Altitud .....	5
1.1.4 Climatología e Hidrología.....	6
1.1.4.1 Clima .....	6
1.1.5 Geología.....	8
1.1.6 Topografía.....	9
1.1.7 Hidrografía .....	9
1.2 Planteamiento del Problema .....	9
1.3 Formulación del Problema .....	10
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo General .....	10
1.4.2 Objetivos Específicos.....	10
1.5 Justificación de la Investigación.....	11
1.5.1 Justificación Teórica .....	11
1.5.2 Justificación Práctica .....	11
1.5.3 Justificación Social .....	11
1.6 Delimitación de la Investigación .....	11
1.6.1 Delimitación Teórica.....	11

1.6.2 Delimitación Temporal .....	11
1.6.3 Delimitación Presupuestal.....	11
1.6.4 Delimitación Espacial .....	11
1.7 Hipótesis.....	12
1.8 Marco Teórico .....	12
1.8.1 Antecedentes de la Investigación .....	12
1.8.2 Bases Teóricas.....	17
1.8.2.1 La Mecánica de Suelos.....	17
1.8.2.2 Obtención de Muestras de Suelos .....	19
1.8.2.3 Algunas Características Físicas de los Suelos .....	20
1.8.2.4 Relaciones Volumétricas.....	27
1.8.2.5 Plasticidad de los Suelos .....	29
1.8.2.6 Clasificación de los Suelos.....	31
1.8.2.7 Esfuerzo de Corte en los Suelos.....	36
1.8.2.8 Variación del Nivel Freático .....	39
1.8.2.9 Factores que Afectan el Nivel Freático .....	40
1.8.2.10 Cimentaciones Superficiales – Capacidad de Carga Última.....	49
CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS .....	54
2.1 Materiales .....	54
2.1.1 Recursos Humanos.....	54
2.1.2 Recursos Materiales .....	54
2.1.3 Recursos de Equipos .....	55
2.2 Metodología.....	55
2.2.1 Universo, Población y Muestra.....	55
2.2.1.1 Universo .....	55
2.2.1.2 Población.....	55
2.2.1.3 Muestra.....	55
2.2.2 Sistema de Variables .....	55
2.2.2.1 Variable Independiente .....	55
2.2.2.2 Variable Independiente .....	55
2.2.3 Tipo de Investigación.....	56
2.2.4 Nivel de Investigación .....	56

2.2.5	Diseño de Investigación .....	56
2.2.6	Técnicas, Instrumentos y Procedimiento de Recolección de Datos.....	56
2.2.6.1	Técnicas de Recolección de Datos .....	56
2.2.6.2	Instrumentos de Recolección de Datos .....	57
2.2.6.3	Procedimiento de Recolección de Datos .....	57
2.2.7	Técnicas de Análisis de Datos .....	59
2.2.8	Desarrollo Metodológico de la Investigación .....	59
2.2.8.1	Recopilación de Información .....	59
2.2.8.2	Ubicación de Puntos de Exploración .....	59
2.2.8.3	Exploración del Suelo .....	61
2.2.8.4	Ensayo de Densidad Insitu .....	62
2.2.8.5	Monitoreo de la Variación del Nivel Freático.....	63
2.2.8.6	Contenido de Humedad del Suelo.....	70
2.2.8.7	Análisis Granulométrico .....	73
2.2.8.8	Límites de Atterberg.....	76
2.2.8.9	Ensayo de Corte Directo .....	81
2.2.8.10	Capacidad Portante.....	83
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		86
3.1	Resultados.....	86
3.1.1	Monitoreo del Nivel Freático .....	86
3.1.1.1	Grado de infiltración del Suelo .....	86
3.1.1.2	Grado de Permeabilidad del Suelo .....	87
3.1.1.3	Influencia de la Precipitación.....	88
3.1.2	Densidad del Suelo.....	89
3.1.3	Contenido de Humedad (NTP. 339.127) .....	90
3.1.4	Análisis Granulométrico (NTP 339.134) .....	91
3.1.5	Clasificación de Suelos (ASTM D422) .....	92
3.1.6	Límites de Atterberg (ASTM 423-66, D424-59).....	93
3.1.7	Ensayo de Corte Directo (NTP 339.171) .....	93
3.1.8	Capacidad Portante .....	95
3.2	Discusiones.....	96
3.2.1	Discusión 01.....	96

3.2.2 Discusión 02.....	97
3.2.3 Discusión 03.....	97
3.2.4 Discusión 04.....	98
3.2.5 Discusión 05.....	98
3.2.6 Discusión 06.....	99
3.2.7 Discusión 07.....	99
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES .....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	104
ANEXOS.....	107
Anexo 1: Panel fotográfico.....	108
Anexo 2: Estudio de mecánica de suelos.....	112

## Índice de tablas

Tabla 1: <i>Costo pasaje Tarapoto - Pucacaca</i> .....	5
Tabla 2: <i>Precipitaciones en Estación Picota, año 2016</i> .....	7
Tabla 3: <i>Precipitaciones Estación Picota, año 2017</i> .....	7
Tabla 4: <i>Temperatura y humedad relativa Estación Tingo de Ponaza, año 2017</i> .....	8
Tabla 5: <i>Valores típicos de límites para algunos minerales y suelos arcillosos</i> .....	30
Tabla 6: <i>Clasificación de los Terrenos según resultados de prueba de Percolación</i> .....	46
Tabla 7: <i>Rango de la permeabilidad hidráulica para varios suelos</i> .....	48
Tabla 8: <i>Permeabilidad y condiciones de drenaje de los suelos</i> .....	48
Tabla 9 <i>Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi <math>N'c, N'q, N'\gamma</math></i> .....	51
Tabla 10: <i>Cálculo de densidad de campo – Método del cono de arena</i> .....	63
Tabla 11: <i>Ensayo de infiltración del suelo, C-01</i> .....	65
Tabla 12: <i>Ensayo de infiltración del suelo, C-02</i> .....	65
Tabla 13: <i>Ensayo de infiltración del suelo, C-03</i> .....	66
Tabla 14: <i>Ensayo de permeabilidad del suelo, C-01</i> .....	67
Tabla 15: <i>Ensayo de permeabilidad del suelo, C-02</i> .....	67
Tabla 16: <i>Ensayo de permeabilidad del suelo, C-03</i> .....	68
Tabla 17: <i>Precipitación durante el período de estudio (Estación Picota)</i> .....	68
Tabla 18: <i>Resultados de la variación del nivel freático con la precipitación, C-01</i> .....	69
Tabla 19: <i>Resultados de la variación del nivel freático con la precipitación, C-02</i> .....	69
Tabla 20: <i>Resultados de la variación del nivel freático con la precipitación, C-03</i> .....	70
Tabla 21: <i>Cálculo del contenido de humedad, antes del nivel freático C-01</i> .....	72
Tabla 22: <i>Cálculo del contenido de humedad, después del nivel freático C-01</i> .....	72
Tabla 23: <i>Cálculo del contenido de humedad, antes del nivel freático C-02</i> .....	72
Tabla 24: <i>Cálculo del contenido de humedad, después del nivel freático C-02</i> .....	73
Tabla 25: <i>Cálculo del contenido de humedad, antes del nivel freático C-03</i> .....	73
Tabla 26: <i>Cálculo del contenido de humedad, después del nivel freático C-03</i> .....	73
Tabla 27: <i>Análisis granulométrico por tamizado, C-01</i> .....	75
Tabla 28: <i>Análisis granulométrico por tamizado, C-02</i> .....	75
Tabla 29: <i>Análisis granulométrico por tamizado, C-03</i> .....	76
Tabla 30: <i>Determinación de los límites de Atterberg, C-01</i> .....	79
Tabla 31: <i>Determinación de los límites de Atterberg, C-02</i> .....	80

Tabla 32: <i>Determinación de los límites de Atterberg, C-03</i> .....	80
Tabla 33: <i>Determinación de la capacidad portante, C-01 sin nivel freático</i> .....	84
Tabla 34: <i>Determinación de la capacidad portante, C-01 con nivel freático</i> .....	84
Tabla 35: <i>Determinación de la capacidad portante, C-02 sin nivel freático</i> .....	84
Tabla 36: <i>Determinación de la capacidad portante, C-02 con nivel freático</i> .....	85
Tabla 37: <i>Determinación de la capacidad portante, C-03 sin nivel freático</i> .....	85
Tabla 38: <i>Determinación de la capacidad portante, C-03 con nivel freático</i> .....	85
Tabla 39: <i>Resultados de ensayo de infiltración</i> .....	86
Tabla 40: <i>Resultados de ensayo de permeabilidad</i> .....	87
Tabla 41: <i>Resumen de variaciones del nivel freáticos con la precipitación</i> .....	88
Tabla 42: <i>Resumen de velocidades de variación del nivel freático</i> .....	89
Tabla 43: <i>Resultados densidades, antes del nivel freático</i> .....	89
Tabla 44: <i>Resultados densidades, después del nivel freático</i> .....	90
Tabla 45: <i>Resultados del contenido de humedad, antes del nivel freático</i> .....	90
Tabla 46: <i>Resultados del contenido de humedad, después del nivel freático</i> .....	90
Tabla 47: <i>Resultado de clasificación de suelos SUCS y ASSHTO</i> .....	92
Tabla 48: <i>Resultados de Límites de Atterberg</i> .....	93
Tabla 49: <i>Resultados ensayo de corte directo – antes del nivel freático C-01</i> .....	93
Tabla 50: <i>Resultados ensayo de corte directo – después del nivel freático C-01</i> .....	94
Tabla 51: <i>Resultados ensayo de corte directo – antes del nivel freático C-02</i> .....	94
Tabla 52: <i>Resultados ensayo de corte directo – después del nivel freático C-02</i> .....	94
Tabla 53: <i>Resultados ensayo de corte directo – antes del nivel freático C-03</i> .....	94
Tabla 54: <i>Resultados ensayo de corte directo – después del nivel freático C-03</i> .....	95

## Índice de figuras

Figura 1: <i>Mapa de ubicación geográfica y política de la provincia de Picota</i> .....	3
Figura 2: <i>Mapa de ubicación geográfica y política del distrito de Pucacaca</i> .....	4
Figura 3: <i>Ubicación referencial del área de estudio</i> .....	4
Figura 4: <i>Delimitación de Área de Estudio</i> .....	12
Figura 5: <i>Ejemplo de perfil de suelos</i> .....	20
Figura 6: <i>Volúmenes mínimos del orificio de ensayo de cono de arena</i> .....	23
Figura 7: <i>Aparato de densidad</i> .....	24
Figura 8: <i>Curva granulométrica</i> .....	26
Figura 9: <i>Relaciones volumétricas del suelo</i> .....	28
Figura 10: <i>Definición de los límites de Atterberg</i> .....	30
Figura 11: <i>Sistema de clasificación de suelos AASHTO</i> .....	32
Figura 12: <i>Sistema unificado de clasificación (SUCS)</i> .....	34
Figura 13: <i>Gráfica de plasticidad</i> .....	35
Figura 14: <i>Resistencia al corte del suelo</i> .....	36
Figura 15: <i>Gráfica de esfuerzo cortante con cohesión nula</i> .....	37
Figura 16: <i>Gráfica de esfuerzo cortante igual a la cohesión</i> .....	37
Figura 17: <i>Formaciones geológicas frente al agua</i> .....	40
Figura 18: <i>Pluviómetro</i> .....	42
Figura 19: <i>Pluviógrafo</i> .....	43
Figura 20: <i>Pluviograma de registro cuando la aguja asciende</i> .....	44
Figura 21: <i>Pluviograma de registro cuando la aguja asciende y desciende</i> .....	44
Figura 22: <i>Curva para determinar la capacidad de Absorción del Suelo</i> .....	46
Figura 23: <i>Definición de la ley de Darcy</i> .....	47
Figura 24: <i>Tipos básicos de cimentación</i> .....	49
Figura 25: <i>Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación rígida corrida</i> ..	50
Figura 26: <i>Modificación de las ecuaciones de carga por nivel de aguas freáticas</i> .....	52
Figura 27: <i>Esquema de procedimiento de recolección de datos</i> .....	58
Figura 28: <i>Ubicación de zona de estudio en la Carta Geológica Nacional</i> .....	60
Figura 29: <i>Ubicación de calicatas en zona de estudio</i> .....	60
Figura 30: <i>Excavación de Calicata C-01</i> .....	61
Figura 31: <i>Ensayo insitu de densidad de campo</i> .....	62

Figura 32: Ecuación para determinar la capacidad de absorción del suelo .....	65
Figura 33: Ensayo insitu de Infiltración y permeabilidad.....	66
Figura 34: Colocación de muestras de suelo en horno de secado.....	71
Figura 35: Ensayo de clasificación granulométrica del suelo .....	74
Figura 36: Ensayo de límites de Atterberg .....	79
Figura 37 : Diagrama de fluidez, C-01.....	80
Figura 38: Diagrama de fluidez, C-02.....	81
Figura 39: Diagrama de fluidez, C-03.....	81
Figura 40: Ensayo de corte directo.....	83
Figura 41: Curva de velocidad de infiltración C-01.....	86
Figura 42: Curva de velocidad de infiltración C-02.....	87
Figura 43: Curva de velocidad de infiltración C-03.....	87
Figura 44: Comparativa de Coeficientes de Permeabilidad K.....	88
Figura 45: Curva de variación del nivel freático en el tiempo.....	88
Figura 46: Curva de variación del nivel freático vs la precipitación.....	89
Figura 47: Comparativa de humedades, antes y después del nivel freático.....	90
Figura 48: Curva granulométrica Calicata C-01 .....	91
Figura 49: Curva granulométrica Calicata C-02 .....	91
Figura 50: Curva granulométrica Calicata C-03 .....	92
Figura 51: Comparativa de Límites de Atterberg .....	93
Figura 52: Resultados capacidad portante, C-01 .....	95
Figura 53: Resultados capacidad portante, C-02 .....	95
Figura 54: Resultados capacidad portante, C-03 .....	96
Figura 55: Resultado de capacidad portante en C-01, nivel freático variable .....	96
Figura 56: Vista de la calicata C-01, proceso de excavación .....	108
Figura 57: Colocación de agua potable para ensayo de percolación.....	108
Figura 58: Medición del nivel freático en calicata C-02.....	109
Figura 59: Extracción de muestra para ensayo de corte directo .....	109
Figura 60: Protección de muestra para transporte a laboratorio.....	110
Figura 61: Extracción de muestra para obtención de granulometría .....	110
Figura 62: Vista de la AA. VV. César Ruiz Reátegui.....	111
Figura 63: Colocación de muestras en horno de secado.....	111

## Resumen

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo determinar la influencia del nivel freático en la determinación de la capacidad portante de las cimentaciones superficiales en la Asociación de Vivienda César Ruiz Reátegui, distrito de Pucacaca, teniendo en consideración la influencia de otros factores como son: la precipitación, infiltración, permeabilidad y propiedades físicas de los suelos en el año 2017. Para desarrollar el estudio se aplicaron conceptos fundamentales de la Geotecnia (Mecánica de Suelos), teorías de la capacidad portante de Terzaghi, ensayos de campo, ensayos de laboratorio y monitores periódicos de las condiciones del nivel freático en nuestra área de interés, considerando 03 calicatas. Se puede afirmar que el tipo de suelo encontrado corresponde a CL (arcillas de baja plasticidad). La precipitación registrada durante el período de estudio de noviembre (2016) a mayo (2017) ha generado un ascenso promedio máximo del nivel freático de 0.33m en el mes de febrero a razón de 0.0028m/día. La velocidad de infiltración fue de 29.05mm/hr correspondiente según el RNE IS. 020 a un terreno con infiltración muy lenta. El coeficiente de permeabilidad K fue de  $1.38 \times 10^{-7}$ , lo que sugiere que corresponde a un suelo prácticamente impermeable. Los resultados demuestran que para la C-01, la elevación de 0.30m del nivel freático, causa una disminución de la capacidad portante de 1.14kg/cm<sup>2</sup> a 1.11kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, se afirma que el ascenso del nivel freático influye negativamente en la capacidad portante de los suelos del área de estudio.

**Palabras clave:** nivel freático, precipitación, infiltración, permeabilidad, suelos, cimentaciones superficiales, capacidad portante.

## Abstract

The present research work, aims to determine the influence of the water table in determining the bearing capacity of shallow foundations in the Housing Association César Ruiz Reátegui, district of Pucacaca, taking into consideration the influence of other factors such as: precipitation, infiltration, permeability and physical properties of the soils in the year 2017. To develop the study, fundamental concepts of Geotechnics (Soil Mechanics), Terzaghi's bearing capacity theories, field tests, laboratory tests and periodic monitoring of the water table conditions in our area of interest were applied, considering 03 test pits. It can be affirmed that the type of soil found corresponds to CL (low plasticity clays). The precipitation recorded during the period under study from November (2016) to May (2017) has generated a maximum average water table rise of 0.33m in the month of February at a rate of 0.0028m/day. The infiltration rate was 29.05mm/hr corresponding according to RNE IS. 020 to a soil with very slow infiltration. The permeability coefficient  $K$  was  $1.38 \times 10^{-7}$ , which suggests that it corresponds to a practically impermeable soil. The results show that for C-01, a 0.30m rise in the water table causes a decrease in bearing capacity from 1.14kg/cm<sup>2</sup> to 1.11 kg/cm<sup>2</sup>. Finally, it is affirmed that the rise of the water table has a negative influence on the bearing capacity of the soils in the study area.

**Key words:** water table, precipitation, infiltration, permeability, soils, shallow foundations, bearing capacity.



## **Introducción**

Así como el agua es un recurso de vital importancia para la existencia de la vida en nuestro planeta, en la ingeniería también tiene un rol protagónico, siendo el principal elemento en la generación de energía eléctrica que tanto desarrollo industrial ha dado a nuestro planeta en los últimos años. Sin embargo, la presencia de este líquido es un gran problema al momento de desarrollar proyectos de ingeniería, puesto que se tiene que lidiar con muchos fenómenos que causa en los suelos, como por ejemplo la licuación, expansiones en las arcillas, la pérdida de capacidad de carga, entre otros.

El presente estudio tiene al agua como principal actor, para hallar la influencia que tiene este elemento acompañado de otros como la precipitación, infiltración, permeabilidad y propiedades físicas del suelo, en la determinación de la capacidad portante.

Tal como lo mencionaría (Mora Ch., 2000) “son pocos los textos técnicos que tratan el tema de la influencia que puede tener la posición del nivel freático sobre la capacidad de carga admisible (CCA) de cimentaciones superficiales, por lo general solo se hace referencia a considerar el peso unitario sumergido cuando la situación así lo requiera. Sin embargo, la posición de nivel freático, en combinación con la profundidad de cimentación, el ancho de la fundación y asentamiento permisible, puede ser de suma importancia a la hora de seleccionar el tipo de cimentación, tanto desde el punto de vista mecánico, como desde un punto de vista económico también” en esta investigación se abordará el tema del nivel freático.

El esquema capitular es el siguiente:

En el capítulo I, se indican los aspectos generales de la zona de estudio, el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, se plantea la hipótesis y por último se desarrolla el marco teórico, el que está constituido por los trabajos de investigación que anteceden al nuestro y por las múltiples síntesis de las teorías que sustentan nuestra propuesta.

En el capítulo II, se sustentan los materiales y métodos utilizados en la presente investigación para llegar a responder a los objetivos planteados. También se describen el universo, la

población, la muestra, el sistema de variables, las técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos.

En el capítulo III, se presentan los resultados de todos los ensayos realizados en campo y en laboratorio de los suelos de la Asociación de Vivienda César Ruiz Reátegui, así como también los monitoreos periódicos del nivel freático, para luego dar pase a los resultados de la capacidad portante de los suelos, considerando la influencia de los parámetros anteriores. Además, en este capítulo a través del apartado denominado discusiones, se hace una comparativa entre los objetivos planteados y los resultados obtenidos. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la tesis de investigación.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

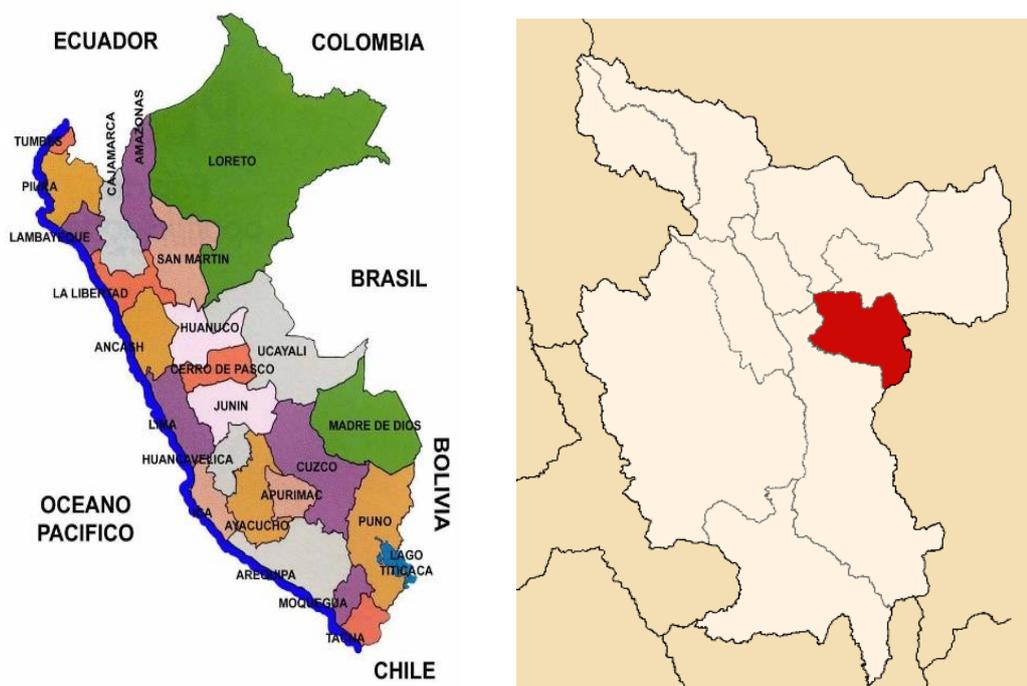
### 1.1 Aspectos Generales

#### 1.1.1 Ubicación y Localización del Proyecto

Región	:	San Martín
Provincia	:	Picota
Distrito	:	Pucacaca
Este	:	351471.00 m E (Coordenada UTM)
Norte	:	9242506.00 m S (Coordenada UTM)

El distrito de Pucacaca limita con:

Al Norte	:	Con los distritos de Buenos Aires y Pilluana
Al Este	:	Con los distritos de Tres Unidos y Tingo de Ponaza
Al Sur	:	Con los distritos de Picota y Caspizapa
Al Oeste	:	Con el distrito de San Hilarión y la provincia de Bellavista

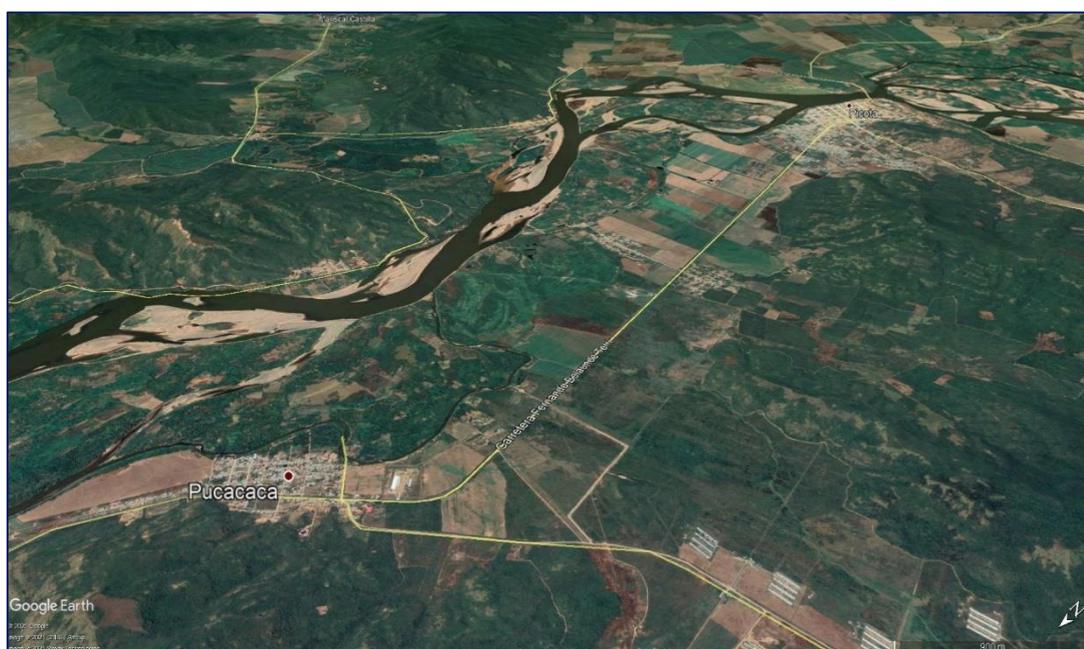


**Figura 1:** Mapa de ubicación geográfica y política de la provincia de Picota.

(Fuente: Google Imágenes)



**Figura 2:** Mapa de ubicación geográfica y política del distrito de Pucacaca. (Fuente: Google Imágenes)



**Figura 3:** Ubicación referencial del área de estudio. (Fuente: Google Earth)

### **1.1.2 Acceso al Área de Estudio**

El área de interés es accesible por vía terrestre y fluvial.

#### **1.1.2.1 Vía Terrestre**

##### **1.1.2.1.1 Carreteras Principales**

El principal acceso al distrito de Pucacaca se da a través de la Carretera Marginal de la Selva también conocida como Fernando Belaunde Terry (Emp. PE 5N - MTC) siguiendo la ruta Tarapoto – Picota, a unos 53 Km de Tarapoto.

Otro acceso al distrito se da partiendo de la ciudad de Lima por la Carretera Central, pasando por la Oroya, Huánuco, Tingo María, Tocache hasta Juanjuí y desde ahí estando a sólo 80 Km.

**Tabla 1**

*Costo pasaje Tarapoto - Pucacaca*

<b>Vehículo</b>	<b>Cabina</b>	<b>Tolva</b>
Camioneta	S/. 8.00	S/. 5.00
Auto	S/. 10.00	-
Combi	S/. 8.00	-

Fuente: Elaboración Propia

#### **1.1.2.1.2 Carreteras Secundarias**

Se tiene 02 accesos secundarios que son las rutas SM 790 y SM791 (Según la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles; la primera parte de la localidad de Serarisa y la segunda de la localidad de San Juan de Miraflores.

#### **1.1.2.2 Vía Fluvial**

El río Huallaga constituye la única vía fluvial para la navegación de embarcaciones de mediana capacidad entre los puertos fluviales relacionados con la ciudad de Pucacaca, tales como:

- San Hilarión
- Puerto Picota
- Puerto Bellavista
- Puerto Sauce

Adicional a esto, utilizando embarcaciones de menor capacidad muchos de los pobladores se desplazan a sus chacras cruzando el río.

#### **1.1.3 Altitud**

Al realizar la georreferenciación en campo con GPS de la zona de estudio se obtuvo una altitud promedio de 214 msnm y coordenadas (6°50'42" S; 76°20'24" O).

#### **1.1.4 Climatología e Hidrología**

Es imprescindible referirse a la influencia que ejercen los factores climáticos sobre las formas topográficas; tratándose de un área de estudio ubicada en una región tipo Selva Baja, con un relieve denominado llanura amazónica, en donde se encuentra la ciudad de Pucacaca.

Los datos que se tienen de este punto, derivan de la información recogida en las estaciones hidro-meteorológicas del SENAMHI (Pilluana, Picota y Tingo de Ponaza).

##### **1.1.4.1 Clima**

“Para la identificación de los diferentes tipos climáticos existentes en el área de estudio se ha empleado el segundo sistema del Dr. W. Thomthwaite, que se basa fundamentalmente en los valores que tienen la evapotranspiración potencial, la humedad almacenada en el suelo y el índice de aridez. El cálculo de estos factores requiere datos de precipitación, temperatura e iluminación solar” (Autoridad Nacional del Agua, 1984).

Según el método empleado descrito anteriormente, le corresponde un “Clima Seco y Cálido, sin exceso de agua durante el año y con concentración térmica de verano normal” (Autoridad Nacional del Agua, 1984).

##### **1.1.4.1.1 Precipitación**

En nuestra zona de estudio, “existen dos épocas bien marcadas durante el año: una, lluviosa y la otra con menores precipitaciones. La época lluviosa se inicia en octubre y cesa en abril; alcanzando el promedio mensual más alto en marzo. La época de menores precipitaciones se ubica entre mayo y setiembre y se caracterizan porque son más esporádicas y escasas” (Autoridad Nacional del Agua, 1984).

En el 2016 y 2017 según el SENAMHI, se han alcanzado las mayores precipitaciones en el mes de marzo (167.2mm) y en el mes de febrero (137.1mm), respectivamente. En la siguiente tabla 2 se detalla.

**Tabla 2***Precipitaciones en Estación Picota, año 2016*

<b>Estación: PICOTA</b>				
<b>Departamento:</b>	SAN MARTIN		<b>Provincia:</b>	PICOTA
<b>Latitud:</b>	6°55'11.61"		<b>Longitud:</b>	76°19'48.77"
<b>Tipo:</b>	PLU - Meteorológica		<b>Código:</b>	106095
<b>Distrito:</b>	PICOTA		<b>Altitud:</b>	220 msnm.
<b>AÑO / MES / DÍA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>HUMEDAD RELATIVA (%)</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm/día)</b>
	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>		<b>TOTAL</b>
Ene-16				28.3
Feb-16				84.9
<b>Mar-16</b>				<b>167.2</b>
Abr-16				131.6
May-16				64.5
Jun-16				38.7
Jul-16				39.8
Ago-16				17.3
Set-16				90.3
Oct-16				48
Nov-16				12.9
Dic-16				39.4

Fuente: Elaboración propia (Ref. SENAMHI)

**Tabla 3***Precipitaciones Estación Picota, año 2017*

<b>Estación: PICOTA</b>				
<b>Departamento:</b>	SAN MARTIN		<b>Provincia:</b>	PICOTA
<b>Latitud:</b>	6°55'11.61"		<b>Longitud:</b>	76°19'48.77"
<b>Tipo:</b>	PLU - Meteorológica		<b>Código:</b>	106095
<b>Distrito:</b>	PICOTA		<b>Altitud:</b>	220 msnm.
<b>AÑO / MES / DÍA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>HUMEDAD RELATIVA (%)</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm/día)</b>
	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>		<b>TOTAL</b>
Ene-17				126.7
<b>Feb-17</b>				<b>137.1</b>
Mar-17				61.1
Abr-17				64.3
May-17				54.7
Jun-17				69.1
Jul-17				67
Ago-17				52.1
Set-17				84.5
Oct-17				58.2
Nov-17				111.5
Dic-17				98.3

Fuente: Elaboración propia (Ref. SENAMHI)

### 1.1.4.1.2 Temperatura

De acuerdo a la información recopilada, las temperaturas que corresponden a este tipo climático,

fluctúa entre 26.9 °C y 28.5° C (para una muestra del año 2017). La oscilación media anual es muy estrecha, lo que indica que la temperatura es muy uniforme o lo largo del año en toda el área de influencia.

**Tabla 4**

*Temperatura y humedad relativa Estación Tingo de Ponaza, año 2017*

<b>Estación: TINGO DE PONAZA</b>				
<b>Departamento:</b>	SAN MARTIN		<b>Provincia:</b>	PICOTA
<b>Latitud:</b>	6°56'14"		<b>Longitud:</b>	76°15'9.6"
<b>Tipo:</b>	CO - Meteorológica		<b>Código:</b>	106119
<b>Distrito:</b>	Tingo de Ponaza		<b>Altitud:</b>	238 msnm.
<b>AÑO / MES / DÍA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>HUMEDAD RELATIVA (%)</b>	<b>PROMEDIO TEMP. (°C)</b>
	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>		
<b>Ene-17</b>	38.4	18.2	78.24	28.3
<b>Feb-17</b>	38.4	18.6	78.12	<b>28.5</b>
<b>Mar-17</b>	38.4	18	79.24	28.2
<b>Abr-17</b>	37.2	18.2	77.58	27.7
<b>May-17</b>	36.5	18.2	77.49	27.4
<b>Jun-17</b>	35.2	18.6	78.46	<b>26.9</b>
<b>Jul-17</b>	37.8	17.2	77.89	27.5
<b>Ago-17</b>	37.6	18.2	76.52	27.9
<b>Set-17</b>	36.2	18.2	77.7	27.2
<b>Oct-17</b>	37.8	18.2	76.18	28.0
<b>Nov-17</b>	37.8	18.2	76.48	28.0
<b>Dic-17</b>	37.8	18.6	76.18	28.2

Fuente: Elaboración propia (Ref. SENAMHI)

### 1.1.4.1.3 Humedad Relativa

De acuerdo a la distribución mensual de la humedad relativa de la tabla 4, se aprecia que el promedio mensual se encuentra alrededor de 78%.

### 1.1.5 Geología

Las formaciones geológicas en el distrito de Pucacaca, “corresponden a una llanura de inundación, están comprendidas en la era cenozoica y en el sistema cuaternario, son depósitos de grava, arena, limos de color gris claro a marrones y cremas. De la serie

Holocena y Pleistocena. No obstante, en toda la extensión del área estudiada y en la región en general, existe una cobertura in consolidada de suelo residual y orgánico producto de la actividad biológica de la flora y fauna a lo que se suma la actividad Antrópica” (Córdova Castillo & Montalvan Rios, 2017)

### **1.1.6 Topografía**

El área de estudio, la ciudad de Pucacaca, presenta una topografía ondulada con pendientes que oscilan entre 2% y 8%.

### **1.1.7 Hidrografía**

El río Huallaga es el principal drenaje de la zona de estudio; éste ingresa por la parte sur del departamento de San Martín, siguiendo una orientación SE-NO hasta encontrarse con el río Huallabamba;

“La configuración del cauce del río Huallaga es de material predominantemente pedregoso; sin embargo, existen áreas donde las riberas son de material más suave e inconsolidado y fácilmente erosionables, como la arena” (Correa, 1982)

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La constante necesidad de nuevas construcciones para viviendas en el distrito de Pucacaca va de la mano con el crecimiento poblacional al cual se enfrenta con el transcurrir de los años. Esta necesidad ha obligado a los pobladores a buscar nuevos espacios para su desarrollo. Actualmente, ya se puede evidenciar que los nuevos emplazamientos de viviendas se están dando en zonas productoras de sembríos de arroz muy cerca de la ribera del río Huallaga, conllevando con eso a encontrarse con la permanente presencia del nivel freático bastante superficial.

Lamentablemente, en la mayoría de las construcciones no se está tomando en cuenta la presencia de este factor en las cimentaciones superficiales, ya sea por desconocimiento o por falta de recursos económicos para la realización de los estudios mínimos para la construcción de una nueva edificación; motivo por el cual el presente estudio pretende ser una herramienta muy útil de información para la construcción de nuevas edificaciones en la zona de expansión urbana del distrito de Pucacaca.

Es preciso mencionar lo que acota al respecto (Mora Ch., 2000) “son pocos los textos técnicos que tratan el tema de la influencia que puede tener la posición del nivel freático

sobre la capacidad de carga admisible (CCA) de cimentaciones superficiales, por lo general solo se hace referencia a considerar el peso unitario sumergido cuando la situación así lo requiera. Sin embargo, la posición de nivel freático, en combinación con la profundidad de cimentación, el ancho de la fundación y asentamiento permisible, puede ser de suma importancia a la hora de seleccionar el tipo de cimentación, tanto desde el punto de vista mecánico, como desde un punto de vista económico también”

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál es la influencia del nivel freático en la determinación de la capacidad portante de suelos en las cimentaciones superficiales del distrito de Pucacaca en el 2017?

### **1.4 Objetivos**

#### ***1.4.1 Objetivo General***

Establecer la influencia del nivel freático en la determinación de la capacidad portante de suelos en las cimentaciones superficiales del distrito de Pucacaca en el 2017.

#### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- a) Ubicar y realizar 03 calicatas para su exploración y muestreo del suelo del distrito de Pucacaca – sector de expansión urbana (Invasión), provincia de Picota, Región San Martín.
- b) Determinar la influencia de la precipitación en el nivel freático y su posterior afectación en la capacidad portante de los suelos del distrito de Pucacaca.
- c) Determinar la influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación en la capacidad portante de los suelos del distrito de Pucacaca.
- d) Determinar la influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación en la capacidad portante de los suelos del distrito de Pucacaca.
- e) Realizar los estudios de mecánica de suelos y geotecnia, empleando el método más adecuado, según el tipo de suelo que se obtenga.
- f) Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.
- g) Procesar los datos para determinar la capacidad portante de los suelos obtenidos del muestreo y exploración del área de estudio.

## **1.5 Justificación de la Investigación**

### **1.5.1.1 Justificación Teórica**

El presente estudio permitirá conocer la influencia que tiene la ubicación del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante de los suelos en el distrito de Pucacaca, mediante estudios de mecánica de suelos y datos hidrometeorológicos del Senamhi.

### **1.5.1.2 Justificación Práctica**

Al conocer la influencia de ubicación del nivel freático en el cálculo de la capacidad portante de los suelos en el distrito de Pucacaca, permitirá que los profesionales dedicados a la formulación y construcción de nuevas obras tengan como antecedente nuestros estudios para tomar una decisión certera en lo que respecta a parámetros de cimentaciones (Geometría de cimentación, profundidad de desplante, asentamientos permisibles).

### **1.5.1.3 Justificación Social**

Los resultados del presente estudio, alertarán a los pobladores que tengan pensado construir una vivienda en estos lugares que allí se tienen factores sumamente importantes a tener en cuenta como niveles freáticos superficiales con bajas capacidades portantes de los suelos.

## **1.6 Delimitación de la Investigación**

### ***1.6.1 Delimitación Teórica***

El presente estudio de investigación está delimitado según las bases teóricas planteadas, las cuales permitirán realizar los estudios pertinentes y, en consecuencia, dar respuesta a los objetivos planteados.

### ***1.6.2 Delimitación Temporal***

Teniendo en cuenta que los parámetros de nuestra investigación como: precipitación, humedad, varían durante el transcurso del año, se ha planteado realizar el estudio en un periodo de 7 meses, iniciando en noviembre de 2016 hasta mayo de 2017.

### ***1.6.3 Delimitación Presupuestal***

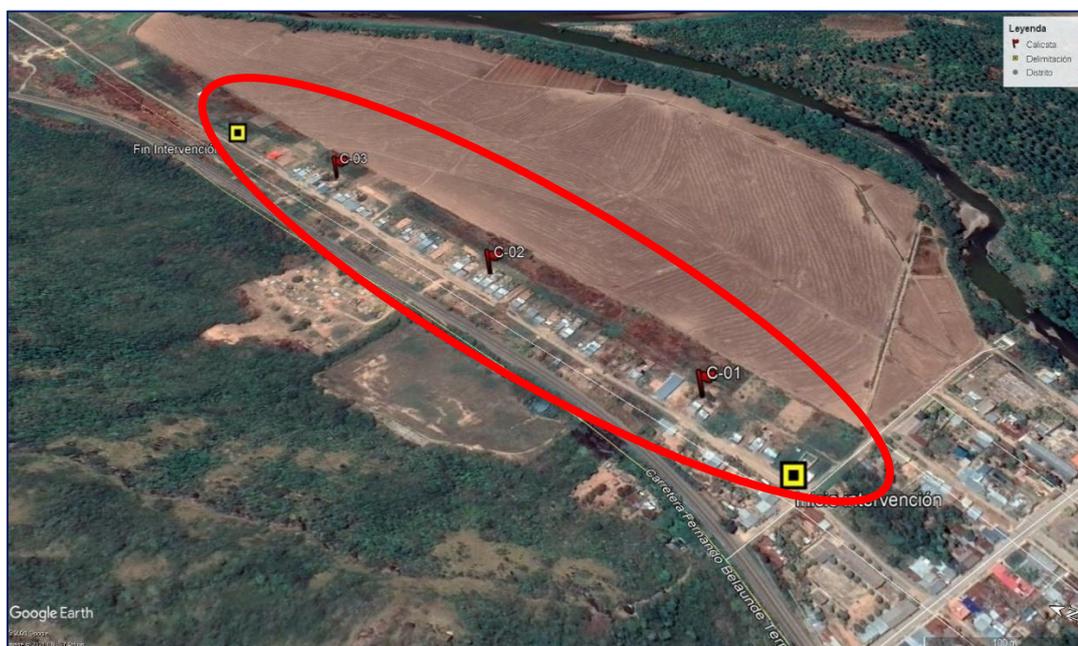
Todos los estudios están solventados con los recursos propios que contamos.

### ***1.6.4 Delimitación Espacial***

Espacialmente el presente estudio se delimita al distrito de Pucacaca, en la Asociación de Vivienda César Ruiz Reátegui, con obtención de muestras en la Av. César

Ruiz Reátegui (Calle paralela a la Carretera Fernando Belaunde Terry) entre las siguientes coordenadas UTM:

- Inicio intervención : 351786.00 E ; 9242901.00 S
- Fin intervención : 352022.00 E ; 9243511.00 S



**Figura 4:** Delimitación de Área de Estudio. (Fuente: Elaboración propia - Ref. Google Earth)

## 1.7 Hipótesis

El nivel freático influye directamente en la determinación de la capacidad portante de los suelos en cimentaciones superficiales del distrito de Pucacaca en el 2017.

## 1.8 Marco Teórico

En el presente subtítulo se abarca los principales temas que dan fundamento a la investigación, presentando antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos.

### 1.8.1 Antecedentes de la Investigación

- (Ministerio de Agricultura, 2004) en su informe “*Monitoreo de las aguas subterráneas del Valle de Mala*”, estudia el comportamiento de la morfología de la napa freática y la calidad del agua subterránea en el valle de Mala. En este sentido, determina las fluctuaciones de la napa freática en el año hidrológico, así como las

características físicas de las aguas subterráneas y la evolución experimentada por la concentración salina en el año hidrológico.

En su investigación concluye lo siguiente:

- La napa contenida en el acuífero es libre y superficial, presentando el flujo subterráneo una orientación principal de noreste a suroeste y una gradiente hidráulica entre 0.1% y 2.29%. Siendo la gradiente hidráulica promedio de 0.95%; las fluctuaciones de las cotas de nivel de agua van desde 1.5m a 300m.
  - Se han conformado las redes de control, tanto piezométrica (50 pozos) como hidrogeoquímica (51 pozos) que permitirá realizar el seguimiento cualitativo y cuantitativo de la napa.
  - En la zona I, se puede apreciar variaciones del nivel freático con respecto al monitoreo del año 2003, así por ejemplo en el sector de Bujama Baja el nivel freático tiene un incremento promedio de 1.28m. Mientras en el sector de Lihuanco existe un descenso de 3.74m.
  - En la Zona II, el nivel freático promedio ha descendido con respecto al año anterior en sectores como Calango que registra un descenso de 0.34m. En tanto el descenso en el Sector de Coayllo es de 1.37m. Así mismo Azpitia registra un descenso de 0.8m.
- (Cabello Collachagua, 2017) en su tesis “*Relación entre el Nivel Freático y Proceso Constructivo de la Cimentación de la I.E. Jorge Basadre Grohmann – Huancavelica*”, concluye lo siguiente:
- Se ha logrado Identificar con los estudios realizados de Mecánica de suelos identificando el tipo de suelo existente con sus características, encontrando un Suelo Orgánicos, Turbas inorgánicas con la presencia de raíces de color negro (PT) a 1.20m de profundidad, arcillas inorgánicas de alta plasticidad de color marrón claro, gris claro (CL) a 2.50 de donde se extrajo la muestra se encontró nivel freático a 1.00 de profundidad, estas características eran incompatibles con los estudios realizado del expediente técnico del proyecto.
  - En el tipo de cimentación realizado por el proyectista diseño las zapatas aisladas centrales, mediante los estudios realizados y encontrándonos frente a una napa freática se obtuvo como resultados, desplante de cimentación a 2.50 un factor de seguridad de 3 ,se obtuvo un Angulo de fricción de 18° y una capacidad admisible de 0.50 a 0.90 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente a la calicata N°1, se realizaron

tratamientos para la eliminación de la napa freática mediante la construcción de drenes subterráneos tipo francés obteniendo como resultados el incremento de la capacidad portante del terreno. Desplante de cimentación a 2.50 m y un factor de seguridad de 3, se obtuvo como ángulo de fricción de  $21^\circ$  kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad portante de 1.00 a 1.32 kg/cm<sup>2</sup> de correspondiente a la calicata N° 2, se procedió a poder realizar la cimentación planteada por el proyectista.

- (Campos, Eduardo, Luigi, Andrea, & Pietro, 2008) en su estudio “*Ascenso de los niveles freáticos en el centro arqueológico Chan Chan*”, efectúa una evaluación preliminar del ascenso de los niveles freáticos en el área arqueológica de Chan Chan (Perú). Este efecto se asocia, en parte, al trasvase de las aguas del Río Santa realizado por el Proyecto Chavimochic. Se efectuó una caracterización regional de las aguas subterráneas y superficiales. Además, se realizó un análisis preliminar de las variaciones de los niveles freáticos entre 1996 y 2003.

En la investigación se concluye lo siguiente:

Los resultados obtenidos de la elaboración de los datos disponibles evidencian un ascenso significativo de los niveles freáticos. Los factores concurrentes para esta situación incluyen a la recarga preferencial por pérdidas de canales de riego (Proyecto Chavimochic) y lagunas de tratamiento de líquidos. El cese de bombeo de aguas subterráneas en numerosas perforaciones también favorece el fenómeno. A su vez, eventos de precipitaciones extremas (El Niño) tienen efectos en el aumento de la recarga subterránea.

Este alto riesgo incluye al área de Chan Chan donde la posición de los niveles freáticos es preocupante por su probable afectación a las estructuras del sitio arqueológico. El nivel freático actual indica la presencia de extracciones de agua subterránea en el sector urbano de Trujillo (por la presencia de un cono de depresión de los niveles) y una recarga importante de agua en el sector dedicado a la agricultura.

Para preservar el sitio arqueológico de Chan Chan de la degradación son necesarias mediciones hidrológicas adecuadas que posibiliten planificar la gestión de los recursos hídricos. En particular, resulta imprescindible densificar la red de monitoreo integrado para el control de los niveles de las aguas subterráneas y su relación con los cursos de agua superficiales, las actividades de riego, los desplazamientos del terreno y los parámetros meteorológicos. La utilización de

modelos matemáticos de simulación, permitirán elaborar un plan para la preservación del patrimonio cultural.

- (Mora Ch., 2000) en su artículo “La variación de la posición del Nivel Freático y su influencia en la capacidad de carga de cimentaciones superficiales: caso zapata corrida infinita en un suelo de origen volcánico, Juan Viñas Cartago, Costa Rica”, concluye que, la variación de la posición del nivel freático tiene una influencia sumamente importante en la capacidad de carga admisible de cimentaciones superficiales. En algunos casos, estructuras de cimentación de anchos menores pueden presentar una CCA mayor que las que cuentan con anchos mayores, esto debido a la ubicación del nivel freático con respecto a la estructura misma.

Debido a esto, el diseño de estructuras de cimentación debe considerar las variaciones estacionales del nivel freático y sobre todo establecer cuál puede ser el nivel más cercano a la superficie que pueda alcanzar. Con base en este tipo de investigaciones se puede establecer el tipo de fundación más apropiado desde el punto de vista de su CCA y, además, desde un punto de vista económico, se puede evitar invertir en estructuras que no brindan una mejoría significativa en términos de CCA.

- (Rinaldi, Zeballos, & Rocca, 2011) en su artículo “Efecto del Ascenso del Nivel Freático en Suelos Loésicos Colapsables”, concluye lo siguiente:

En este trabajo se presentó una síntesis de los estudios realizados para la determinación de las causas que originaron el ascenso del nivel freático en el sector de interés localizado al sur de la ciudad de Córdoba, Argentina. De los mismos se puede inferir que existen múltiples efectos relacionados con el fenómeno. De acuerdo con los estudios geológicos y geotécnicos, en el perfil de suelos estudiado se detectó la presencia de capas de toscas granuladas de profundidad y continuidad variable. Éstas actúan como materiales de alta permeabilidad horizontal, intercalados con estratos menos permeables de limos compactos que generan una barrera para el flujo vertical de los fluidos. Se hace referencia especialmente a las infiltraciones de aguas servidas desde localizaciones urbanas ubicadas al Oeste de estos barrios.

Las evaluaciones numéricas muestran que las infiltraciones provenientes desde el canal de riego no tienen un efecto inmediato, pero pueden llegar a ser importantes en plazos largos. La presencia permanente de agua debido a grandes deficiencias

de mantenimiento, con sectores en los que se detecta contrapendiente respecto de la dirección de circulación, favorecen la infiltración continua de agua en el subsuelo. Finalmente, se determina que las infiltraciones por precipitaciones se producen localizadamente en el canal que se utiliza como evacuación de las aguas pluviales de distintos barrios localizados aguas arriba y en sectores próximos a la ruta ubicada al Este, donde se ha observado el anegamiento de los sistemas de desagüe.

A fin de proyectar la remediación del sector de la ciudad de Córdoba, afectado por la elevación del nivel freático en este trabajo se presenta una síntesis del desarrollo de la alternativa de pozos de bombeo. De este trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones fundamentales:

- 1) El sistema de pozos de bombeo permite obtener descensos significativos en tiempos relativamente breves.
  - 2) Los descensos del nivel freático más significativos ocurren en proximidades de los puntos de localización de los pozos de bombeo.
  - 3) El descenso del nivel freático hace previsible la modificación del estado tensional en el terreno. Estas modificaciones pueden derivar en asentamientos de diversas magnitudes. Para evitar daños a las estructuras se requiere de descensos homogéneos en todo el sector tratado.
- (Ferrer Granell, 2010) en su Tesis de Maestría, “Control de las Aguas *Subterráneas en la Ingeniería Civil. Interacción entre la Obra y el Medio Hidrogeológico, Síntesis de Métodos de Control y Aplicación de Modelos Matemáticos*” concluye que, para plantear el control de las aguas subterráneas en las que se requiera rebajar el nivel freático para la construcción o excavación del terreno se requieren dos trabajos diferenciados:
- a) Caracterización hidrogeológica adecuada:
    - La importancia de las obras a realizar y las características y complejidad de las condiciones hidrogeológicas imponen la intensidad de su caracterización. En la mayoría de los casos, la información para caracterizar un suelo debemos obtenerla del proyecto de ejecución de la obra y de informes y ensayos complementarios, como son los habituales de geotecnia.
    - En este trabajo se propone una metodología propia para determinar la permeabilidad de cada una de las capas de una localización a partir de los

ensayos geotécnicos habituales. Pero hay que ser consciente que la determinación de la conductividad hidráulica a partir de la interpretación de las curvas granulométricas es muy incierta a no ser que se cuente con mucha experiencia en la zona de trabajo. Por ello, para reducir en la medida de lo posible estas incertidumbres debieran hacerse siempre ensayos de bombeo.

b) Valorar el efecto de las pantallas impermeables y elementos de bombeo:

Para valorar el efecto de las pantallas impermeables y los bombeos se han propuesto modelos analíticos y numéricos.

- Los modelos analíticos son más limitados, pero mucho más simples. Por eso al proporcionar una primera estimación de los bombeos necesarios, son adecuados para casos sencillos.
- Un modelo numérico permite el estudio de un gran número de escenarios y alternativas distintas para una obra concreta. Esto permite evaluar los costes de cada una de las alternativas y optar por la más eficiente en cuanto al posicionamiento de los pozos o la profundidad de las barreras impermeables.
- En resumen, la modelación numérica se muestra como una herramienta adecuada para la solución de los problemas de propuesta de una red de control del nivel piezométrico basada en el bombeo en pozos. En este trabajo se ilustra lo anterior con la aplicación a un caso real de elevada complejidad, analizando la sensibilidad del modelo ante variaciones de condiciones tales como reducción de la profundidad de las pantallas y su correlación con los caudales a bombear en distintos escenarios.

## ***1.8.2 Bases Teóricas***

### **1.8.2.1 La Mecánica de Suelos**

(Crespo Villalaz, 2004) indica que es la rama de la Mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos. El Dr. Karl Terzaghi definió a la Mecánica de Suelos como la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas. Recientemente se han incorporado a la terminología de los suelos las acepciones “Geotecnia” e “Ingeniería Geotécnica”, que suelen aplicarse como evidencia de que en ellos se están tomando en cuenta

los principios y la aplicación tanto de la Mecánica de Suelos como de la Geología y de la Mecánica de Rocas.

Como se ha podido constatar, por muchísimo tiempo y por muy diversas razones el hombre ha estudiado el suelo sobre el que vive, presentando variadas teorías y métodos en la solución de los problemas relativos al uso del mismo. Sin embargo, se puede asegurar que quien organizó conceptos y los hizo crecer hasta formar una nueva rama de la Ingeniería Civil fue el profesor y distinguido investigador Dr. Karl V. Terzaghi, que en cierta ocasión mencionó: “Quien sólo conoce la teoría de la Mecánica de Suelos y carece de experiencia práctica, puede ser un peligro público.

#### ***1.8.2.1.1 El Suelo***

“Es un conjunto con organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”. En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian muchas más rápidamente que en la horizontal. El suelo tiene perfil, y éste es un hecho del que se hace abundante aplicación. El suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves” (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

#### ***1.8.2.1.2 Tipos de Suelos***

(Terzaghi & Peck, 1978) consideran los siguientes:

- **Las arenas y las gravas o ripios o cantos rodados** son agregados sin cohesión de fragmentos granulares o redondeados, poco o no alterados, de rocas y minerales. Las partículas menores de 2 milímetros se clasifican como arena, y aquellas de mayor tamaño hasta 15 o 20 centímetros, como grava o ripio o canto rodado.
- **Los limos inorgánicos** son suelos de grano fino con poca o ninguna plasticidad. Las variedades menos plásticas consisten generalmente en partículas más o menos equidimensionales de cuarzo y, en algunos países, se los distingue con el nombre de polvo de roca.
- **Los limos orgánicos** son suelos de granos finos más o menos plásticos, con una mezcla de partículas de materia orgánica finamente dividida. A veces contienen también fragmentos visibles de materia vegetal parcialmente descompuesta o de otros elementos orgánicos.

- **Las arcillas** son agregados de partículas microscópicas y submicroscópicas derivadas de la descomposición química que sufren los constituyentes de las rocas. Son suelos plásticos dentro de los límites extensos sin contenido de humedad y cuando están secos son duros, sin que sea posible despegar polvo de una pasta frotada con los dedos. Tienen, además, una permeabilidad extremadamente baja.
- **Las arcillas orgánicas** son aquellos suelos de este tipo que derivan algunas de sus propiedades físicas más significativas de la presencia de materia orgánica finalmente dividida. Cuando están saturados son generalmente muy comprensibles, y secos presentan una resistencia muy alta. Tienen colores que varían de gris oscuro a negro, y pueden poseer un olor característico.
- **Las turbas** son agregados fibrosos de fragmentos macro y microscópicos de materia orgánica descompuesta. Su color varía de un castaño claro al negro. Las turbas son tan comprensibles que casi siempre resultan inadecuadas para soportar fundaciones.

### **1.8.2.2 Obtención de Muestras de Suelos**

Según (Crespo Villalaz, 2004)

Para determinar las propiedades de un suelo en laboratorio es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Un muestreo adecuado y representativo es de primordial importancia, pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en sí. A menos que la muestra obtenida sea verdaderamente representativa de los materiales que se pretenda usar, cualquier análisis de la muestra sólo será aplicable a la propia muestra y no al material del cual procede, de ahí la imperiosa necesidad de que el muestreo sea efectuado por el personal conocedor de su trabajo. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Se dice que una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede, e inalterada en caso contrario.

#### **1.8.2.2.1 Profundidad de las Perforaciones**

Es imposible establecer un grupo de reglas definitivas para determinar la profundidad a que se deben llegar las perforaciones. La profundidad hasta la cual debe investigarse un suelo puede estar basada en el tipo de suelo encontrado y en el tamaño y peso de la estructura que se va a construir, considerando que los esfuerzos desarrollados en el suelo dependen de la carga distribuida en toda el área cargada, además de las cargas debajo de las zapatas individuales. Salvo en casos muy especiales, no es necesario investigar el suelo a

profundidades mayores de 1 a 1.5 veces la menor dimensión del área cargada. Llegar a profundidades de 1.5 veces la menor dimensión del área cargada es muy recomendable en el caso de estructuras muy pesadas como silos y edificios de muchos pisos.

#### 1.8.2.2 Perfil de Suelos

Cualquiera que sea el tipo de perforación que se ejecute, a medida que se va profundizando en ella se deben anotar los espesores de los distintos estratos atravesados, indicando cuáles son gravas, arenas, limos, arcillas, o mezcla de los mismos; cómo son los granos de los materiales; dónde son de tamaño uniforme o graduado de gruesos a finos; color, olor y aspereza de los granos. Con estos datos y los de las pruebas que a los materiales se les ejecute se hace un perfil de suelos como el que se ilustra en la figura 5.

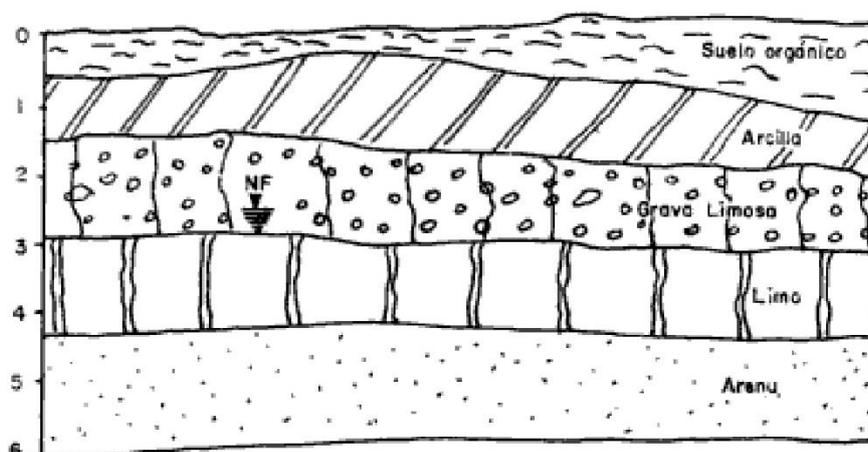


Figura 5: Ejemplo de perfil de suelos. (Fuente: (Crespo Villalaz, 2004))

#### 1.8.2.3 Algunas Características Físicas de los Suelos

(Crespo Villalaz, 2004) menciona las siguientes:

##### 1.8.2.3.1 Peso Volumétrico

Se denomina peso volumétrico de un suelo ( $\gamma$ ) al peso de dicho suelo contenido en la unidad de volumen, y generalmente se expresa en  $kg/cm^3$ .

Se denomina peso volumétrico seco y seco ( $\gamma_{s,s}$ ) de un suelo al peso volumétrico aparente de él, tomando el peso del mismo previamente cuarteado y secado en un horno a peso constante. El peso volumétrico aparente se refiere al considerar el volumen de los vacíos formando parte del suelo. La principal aplicación de este dato está en la conversión de pesos de material a volúmenes y viceversa.

### **1.8.2.3.2 Densidad de Campo**

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volumen, sin incluir sus vacíos. La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen, incluyendo sus vacíos.

La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a una temperatura de 4°C.

#### **NTP 339.143:1999**

La presente investigación se desarrolló teniendo en consideración esta norma.

➤ **Alcance**

Este método de ensayo puede utilizarse para determinar la densidad y el peso unitario de suelos insitu, utilizando un equipo denominado cono de arena.

➤ **Resumen del Método de Ensayo**

Se cava a mano un orificio de prueba en el suelo donde se va a ensayar y todo el material extraído del orificio es recuperado en un contenedor. Se llena el orificio con arena de densidad conocida en caída libre y se determina el volumen. La densidad húmeda del suelo in situ se determina dividiendo la masa húmeda del material removido entre el volumen del orificio. Se determina el contenido de humedad del material del orificio y se calcula la masa seca del material y la densidad seca del lugar, utilizando la masa húmeda del suelo, el contenido de humedad y el volumen del orificio.

➤ **Aparatos**

- 1) Aparato de Densidad de Cono de Arena (figura 7)
- 2) Arena

La arena debe ser limpia, seca, uniforme en densidad y gradación, no cementada, durable y de caída libre.

- 3) Balanzas

Deben cumplir con la Especificación ASTM D4753, con 5.0g o más de lectura, para determinar la masa de arena y los suelos excavados. Una balanza o escala que tenga una capacidad mínima de 20kg y 5.0g de lectura es aceptable para determinar la masa de la arena y el suelo excavado cuando se utiliza el aparato con las dimensiones mostradas en la figura 6.

- 4) Equipos de Secado

Equipo correspondiente al método utilizado para determinar el contenido de agua tal como se especifica en los Métodos de Ensayo NTP 339.127, ASTM D4643, ASTM D4959 o ASTM D4944.

### 5) Equipo Misceláneo

Cuchillo, pico pequeño, cincel, paleta pequeña, desarmador, o cucharas para cavar los orificios de prueba, clavos o púas para asegurar el plato de base; cubetas con tapa, sacos de tela de plástico o lino, y otros contenedores aceptables para retener las muestras de densidad, la muestra húmeda y la arena calibrada respectivamente; una pequeña brocha de pintor, calculadora, cuaderno o formatos de ensayo, etc.

### ➤ Procedimiento

Seleccione una ubicación/elevación que sea representativa del área que se va a probar y determine la densidad del suelo insitu de la siguiente manera:

- 1) Inspeccione el cono por si hubiera algún daño, la rotación libre de la válvula y cerciórese de que el plato de base funcione apropiadamente. Llene el contenedor del cono con la arena y determine la masa total.
- 2) Prepare la superficie del sitio que se va a ensayar de tal manera que sea un plano nivelado. El plato de base debe utilizarse como una herramienta para remover la superficie a un plano de nivel suave.
- 3) Coloque el plato de base sobre la superficie plana, asegurándose de que existe contacto con la superficie del terreno alrededor del borde del orificio central. Marque el contorno del plato de base para revisar el movimiento durante la prueba y, si es necesario, asegure el plato contra el movimiento que se cause utilizando clavos insertados dentro del suelo adyacente al filo del plato, o, en otros términos, sin disturbar el suelo que se va a probar.
- 4) En suelos donde la nivelación no es exitosa o la superficie presenta vacíos, el volumen que se expulsa horizontalmente y que está limitado por el embudo, el plato y la superficie del terreno debe determinarse mediante un ensayo preliminar. Llene el espacio con arena del aparato, determine la masa de la arena utilizada para llenar el espacio, rellene el aparato y determine una nueva masa inicial del mismo y de la arena antes de proceder con la prueba. Después de que se complete esta medida, limpie cuidadosamente con una brocha la arena que queda sobre la superficie preparada.
- 5) Cave el hoyo de prueba a través del orificio central en el plato de base, teniendo cuidado de evitar que se disturbe o se deforme el suelo que delimitará el orificio.

Los volúmenes del orificio de prueba serán tan grandes como para que sean prácticos y minimicen los errores, y en ningún caso serán más pequeños que los volúmenes indicados en la figura 6 para el tamaño máximo de la partícula del suelo removido del orificio de prueba. Los lados del orificio deben inclinarse levemente hacia adentro, y la parte central debe ser razonablemente plana o cóncava. El orificio debe mantenerse lo más libre posible de vacíos, salientes y obstrucciones filudas ya que esto afectaría la exactitud de la prueba. Los suelos que son esencialmente granulares requieren extremo cuidado y también requieren que se cave un orificio de prueba de forma cónica. Coloque todo el suelo excavado y cualquier otro suelo que se haya soltado durante la excavación, en un contenedor hermético que esté marcado para identificar el número de prueba. Tenga cuidado de evitar la pérdida de cualquier material. Proteja este material de cualquier pérdida de humedad hasta que se haya determinado la masa y se haya obtenido la muestra para la determinación del contenido de agua.

Tamaño Máximo de la Partícula		Volumen Mínimo del Orificio de Ensayo	
pulgada	(mm)	cm <sup>3</sup>	pies <sup>3</sup>
½	(12.5)	1420	0.05
1	(25.0)	2120	0.075
2	(50)	2830	0.1

**Figura 6:** Volúmenes mínimos del orificio de ensayo de cono de arena. (Fuente: NTP 339.143)

- 6) Limpie el borde del orificio del plato base, voltee el aparato de cono de arena y coloque el embudo del mismo en un orificio rebordeado. Elimine o minimice en el área de prueba las vibraciones que pueda causar el personal que realiza la prueba o el equipo que se utiliza. Abra la válvula y deje que la arena llene el orificio, el embudo y el plato base. Trate de evitar que el aparato se sacuda o vibre mientras la arena está corriendo. Cuando la arena deje de fluir, cierre la válvula.
- 7) Determine la masa del aparato con la arena restante, regístrela y calcule la masa de la arena utilizada.

- 8) Determine y registre la masa del material húmedo que se extrajo del orificio de prueba. Cuando se requiera correcciones del material de mayor tamaño, determine la masa de este material en la malla apropiada y regístrela, teniendo cuidado de evitar pérdidas de humedad. Cuando se requiera, efectúe las correcciones apropiadas para el material de mayor tamaño utilizando la Práctica ASTM 04718.

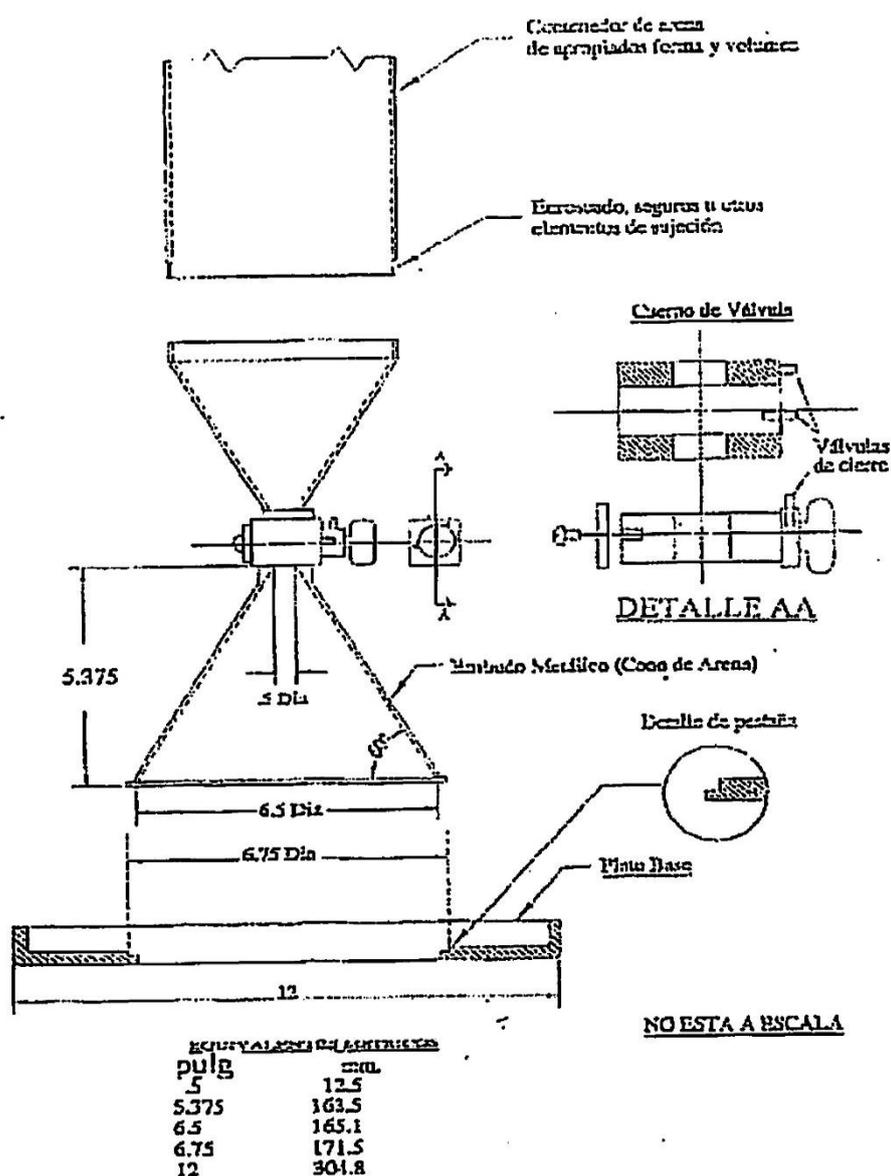


Figura 7: Aparato de densidad. (Fuente: NTP 339.143).

- 9) Mezcle el material cuidadosamente y obtenga un espécimen representativo para determinar el contenido de humedad o, en todo caso, utilice una muestra completa.
- 10) Determine el contenido de humedad de acuerdo a los Métodos de Ensayo NTP 339.127, ASTM D4643, ASTM D4944 o ASTM D4959. Se realizarán

correlaciones para el Método NTP 339.127 cuando lo requieran otros métodos de ensayo.

- 11) Los especímenes para el contenido de humedad deben ser lo suficientemente grandes y seleccionados de tal manera que representen todo el material obtenido del orificio de prueba.

### **1.8.2.3.3 Granulometría**

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento 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 del 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.

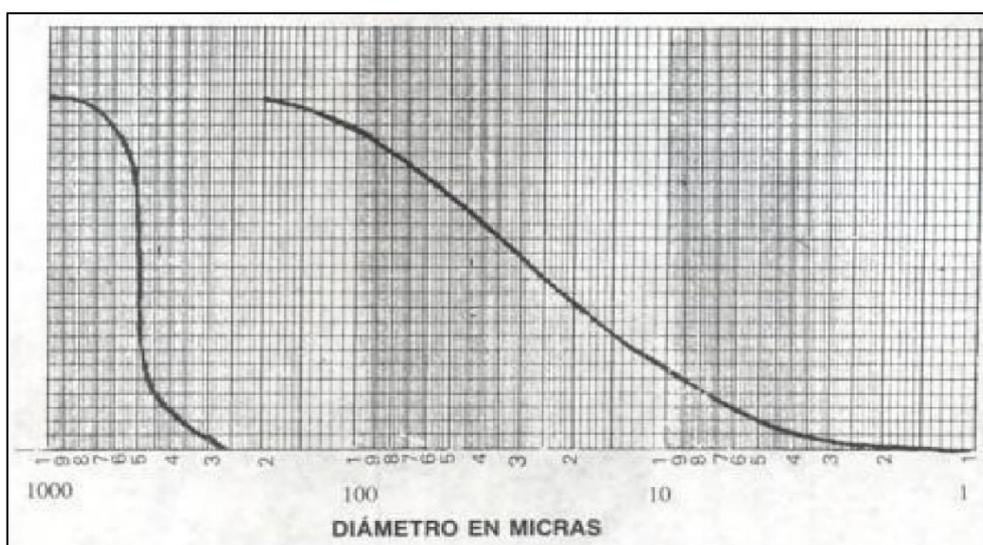
#### **Procedimiento del tamizado**

- a) Se toma una muestra representativa de unos 20kg y se seca al sol o en horno durante unas 12 horas.
- b) Por medio de cuarteos a la muestra mencionada se sacan unos 2kg.
- c) Se pasan los 2kg por las mallas de 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8" y N°4, y se pesa el retenido en cada una de dichas mallas.
- d) Del material que pasa la malla N°4, se toma una cierta cantidad – generalmente 200g – y se colocan en un vaso con agua, dejando que el material se remoje unas 12 horas.
- e) Con un agitador metálico se agita el contenido del vaso durante un minuto y se vacía luego sobre la malla N°200, se vacía nuevamente el material al vaso lavando la malla en posición invertida, se agita nuevamente el agua del vaso y se repite el procedimiento tantas veces como sea necesario hasta que no se enturbie el agua al ser agitada.
- f) Se elimina el agua y se pone la muestra a secar en un horno a temperatura constante.
- g) Se pesa y por diferencia a los 200g se obtiene por ciento que pasó la malla N°200.
- h) Se vacía el material que pasó la malla N°4 y se retuvo en la N°200, para que pase lo correspondiente por las mallas N°s. 10, 20, 40, 60, 100 y 200, pesando los retenidos.

- i) Conociendo los pesos parciales retenidos desde la malla de 2" hasta la N°200 se obtienen los porcentajes retenidos parciales, los porcentajes retenidos acumulativos y los porcentajes pasando.

Es necesario aclarar que los retenidos parciales en cada malla deberán expresarse como porcentajes de la muestra total, y para calcular los porcentajes retenidos en las mallas 10 a 200 se divide el peso en gramos retenidos en cada malla entre el peso seco de la muestra para la prueba lavado (200g generalmente) y se multiplica este cociente por el porcentaje que pasa la malla N°4, determinado en el análisis del material grueso. El retenido acumulativo en la malla N°10 se calcula sumando el retenido parcial en dicha malla al retenido acumulativo en la malla N°4. El retenido acumulativo en la malla N°20 es igual al retenido acumulativo en la malla N°10 más el retenido parcial en la malla N°20. De igual manera se calculan los demás retenidos acumulativos hasta la malla N°200.

- j) Se traza la curva de la composición granulométrica del material en una gráfica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasa por dichas mallas, a escala aritmética.
- k) La curva resultante se compara con las que se tengan como especificaciones (ver figura 6), o se obtienen de ella relaciones entre ciertos porcentajes pasando que dan idea de la graduación del material. Además, la forma de la curva granulométrica, dibujada a escala semilogarítmica, da una idea de la composición granulométrica del suelo. Así, un suelo que está formado por partícula de un mismo tamaño quedará representado por una línea vertical y un suelo con curva granulométrica bien tendida indicará gran variedad de tamaños.



**Figura 8:** Curva granulométrica. (Fuente: (Crespo Villalaz, 2004))

Para (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

La gráfica granulométrica suele dibujarse con porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas. Las ordenadas se refieren a porcentaje en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondiente. La representación en escala semilogarítmica (eje de abscisas en escala logarítmica) resulta preferible a la simple representación natural, pues en la primera se dispone de mayor amplitud en los tamaños finos y muy finos, que en escala natural resultan muy comprimidos, usando un módulo práctico de escala.

### **Coefficiente de Uniformidad**

Como una medida simple de la uniformidad de un suelo, Allen Hazen propuso este coeficiente:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

En donde:

$D_{60}$  = Tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo, sea igual o menor.

$D_{10}$  = Llamado por Hazen diámetro efectivo; es el tamaño tal que sea igual o mayor que el 10%, en peso, del suelo.

### **Coefficiente de Curvatura**

Como dato complementario, es necesario para definir la graduación, se define el coeficiente de curvatura del suelo con la expresión:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$D_{30}$  Se define analógicamente que los  $D_{10}$  y  $D_{60}$  anteriores.

## **1.8.2.4 Relaciones Volumétricas**

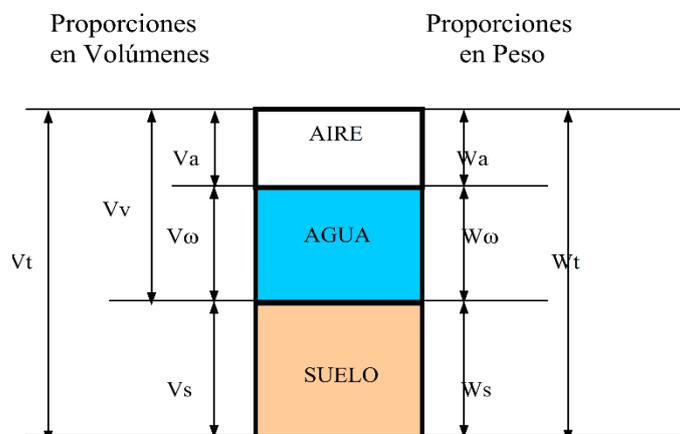
### **1.8.2.4.1 Fases del Suelo**

(Crespo Villalaz, 2004) indica que, siendo un suelo un medio poroso se le puede considerar formado, normalmente, por tres fases: a) la fase sólida, formada por partículas minerales u orgánicas, o por ambas; b) la fase líquida, que llena parcial o totalmente los vacíos del suelo, y c) la fase gaseosa, que llena parcial o totalmente los vacíos que deja la fase líquida. Estas tres fases se representen esquemáticamente, y en forma imaginativa nada más, en la figura 5, en la que  $V_t$  representa el volumen total del suelo,  $V_v$  de el volumen de vacíos libre y  $V_s$  el volumen de partículas sólidas. De lo anterior se desprende que:

$$V_t = V_v + V_s$$

Por otra parte, el volumen de vacíos está ocupado por gases,  $V_a$ , y por agua,  $V_w$ , de manera que la expresión anterior puede escribirse así:

$$V_t = V_a + V_w + V_s$$



**Figura 9:** Relaciones volumétricas del suelo. (Fuente: (Leoni, 2008))

El significado de los símbolos es el siguiente:

- $V_t$  = Volumen total de la muestra de suelo (volumen de masa).
- $V_s$  = Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos).
- $V_v$  = Volumen de vacíos de la muestra de suelo (volumen de vacíos).
- $V_w$  = Volumen de la fase líquida contenida en la muestra (volumen de agua).
- $V_a$  = Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).
- $W_t$  = Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).
- $W_s$  = Peso de la fase sólida de la muestra de suelo (peso de los sólidos).
- $W_w$  = Peso de la fase líquida de la muestra (peso del agua).
- $W_a$  = Peso de la fase gaseosa de la muestra, convenientemente considerado como nula en Mecánica de Suelos.
- 

#### 1.8.2.4.2 Relaciones Fundamentales

(Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005) para estos autores, las relaciones que se dan a continuación son importantísimas, para el manejo comprensible de las propiedades mecánicas de los suelos y un completo dominio de su significado y sentido físico.

- a) **Relación de vacíos, Oquedad o Índice de poros**, es la relación entre el volumen de vacíos y el de los sólidos de un suelo:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

b) **Porosidad**, es la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa:

$$n(\%) = \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

c) **Grado de saturación**, es la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos:

$$G(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

d) **Contenido de agua o Humedad**, es la relación entre el peso de agua contenida en el suelo y el peso de su fase sólida:

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

## 1.8.2.5 Plasticidad de los Suelos

### 1.8.2.5.1 Plasticidad

“En Mecánica de Suelos puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse” (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos.

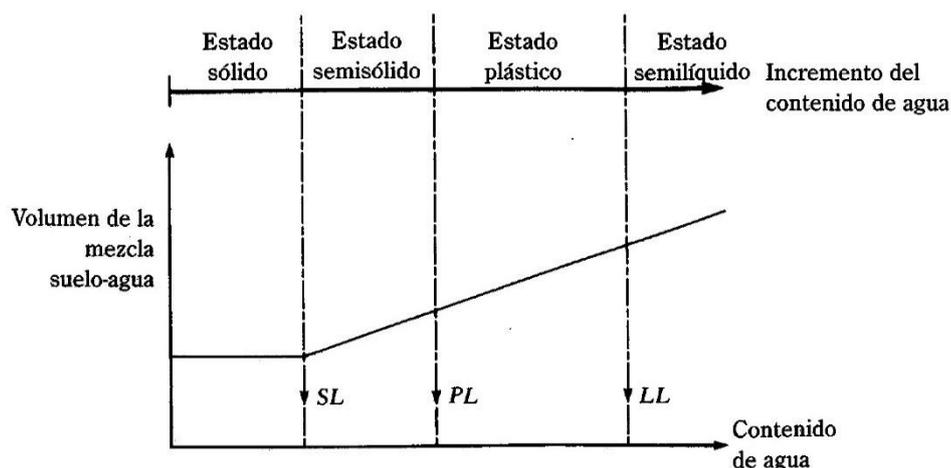
### 1.8.2.5.2 Límites de Atterberg

Según (Das, 1999)

Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, éste puede fluir como un semilíquido. Si el suelo es secado gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de agua. Éste, en por ciento, con el que el suelo cambia de un estado líquido a un estado plástico se define como *límite líquido (LL)*. Igualmente, los contenidos de agua, en por ciento, con el que el suelo cambia de un estado plástico a un semisólido y de un semisólido a un sólido se definen como el *límite plástico (LP)* y el *límite de contracción (LC)*, respectivamente. Éstos se denominan *límites de Atterberg* (figura 8).

- **El límite líquido** de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de 1/2" (12.7mm) mediante 25 golpes.

- **El límite plástico** se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de 1/8" (3.18mm) de diámetro (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM).
- **El límite de contracción** se define como el contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua (Designación de Prueba D-427 de la ASTM).



**Figura 10:** Definición de los límites de Atterberg. (Fuente: (Das, 1999))

La diferencia entre el límite líquido y el plástico de un suelo se define como *índice de plasticidad (IP)*, o:

$$IP = LL - LP$$

**Tabla 5**

*Valores típicos de límites para algunos minerales y suelos arcillosos*

Descripción	Límite Líquido	Límite Plástico
Caolinita	35-100	25-35
Ilita	50-100	30-60
Montmorillonita	100-800	50-100
Arcilla azul Boston	40	20
Arcilla Chicago	60	20
Arcilla Louisiana	75	25
Arcilla Londres	66	27
Arcilla Cambridge	39	21
Arcilla Montana	52	18
Lodo Mississippi	95	32
Suelos loesianos del norte y noroeste de China	25-35	15-20

Fuente: (Das, 1999)

## **1.8.2.6 Clasificación de los Suelos**

### **1.8.2.6.1 Generalidades**

“Dada la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza, la Mecánica de Suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que lo haya fundamentado. Y así se tiene la clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas, la clasificación de la Asociación Americana de Funcionarios de Caminos Públicos (American Association State Highway Officials), la clasificación de la Administración de Aeronáutica Civil (C.A.A.), el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), etc. La existencia de esta variedad de sistemas de clasificación de suelos se debe, posiblemente, al hecho de que tanto el ingeniero civil como el geólogo y el agrónomo analizan al suelo desde diferentes puntos de vista. Sin embargo, lo que es fundamental es el hecho de que cualquier clasificación que quiera abarcar las necesidades correspondientes debe estar basada en las propiedades mecánicas de los suelos, ya que éstas son elementales en las variadas aplicaciones de la ingeniería.” (Crespo Villalaz, 2004)

### **1.8.2.6.2 Sistema AASHTO**

Según (Das, 1999)

El Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO fue propuesto originalmente por el Highway Research Board's Committee sobre clasificación de materiales para subrasantes y caminos de tipo granular (1945). De acuerdo con la actual forma de este sistema, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos principales, A-1 al A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. La turba, el lodo y otros suelos altamente orgánicos quedan clasificados en el grupo A-8. Éstos son identificados por inspección visual.

El sistema de clasificación AASHTO (para suelos A-1 al A-7) se presenta en la figura 9. Note que el grupo A-7 incluye dos tipos de suelos. Para el tipo A-7-5, el índice de plasticidad es menor o igual que el límite líquido menos 30. Para el tipo A-7-6, el índice de plasticidad es mayor que el límite líquido menos 30.

Para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para subrasante de un camino, se desarrolló también un número denominado índice de grupo. Entre mayor es el valor del índice de grupo para un suelo, será menor el uso del suelo como subrasante.

Un índice de grupo de 20 o más indica un material muy pobre para ser usado al respecto. La fórmula para el índice de grupo IG es:

$$GI = (F_{200} - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(PI - 10)$$

donde  $F_{200}$  = por ciento que pasa la malla N°200, expresado como un número entero

$LL$  = Límite líquido

$IP$  = Índice de plasticidad

Al calcular el índice de grupo para un suelo de los grupos A-2-6 o A-2-7, use sólo la ecuación de índice de grupo parcial relativa al índice de plasticidad:

$$GI = 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10)$$

El índice de grupo es redondeado al número entero más cercano y se escribe al lasdo del grupo de suelo e paréntesis; por ejemplo,

$\underbrace{A-4}_{\text{Grupo de suelo}} \quad (5)$   
 Índice de grupo

Clasificación general		Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasan por la malla no. 200)					
		A-1		A-3	A-2		
Clasificación del grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-12-6	A-2-7
<b>Análisis por cribas (%)</b>							
Malla no. 10	50 máx						
Malla no. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla no. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
<b>Para la fracción que pasa la malla no. 40</b>							
Límite líquido ( $LL$ )				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad ( $PI$ )	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
<b>Calificación de la capa</b>		Excelente a buena					
Clasificación general		Materiales de lodo y arcilla (Más del 35% de la muestra total pasa por la malla no. 200)					
Clasificación del grupo	A-4	A-5	A-6	A-7			
<b>Análisis por cribas (%)</b>							
Malla no. 10							
Malla no. 40							
Malla no. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín			36 mín
<b>Para la fracción que pasa la malla no. 40</b>							
Límite líquido ( $LL$ )	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín			
Índice de plasticidad ( $PI$ )	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín			
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos			Principalmente suelos arcillosos			
<b>Calificación de la capa</b>		Regular a pobre					
<small>* Si <math>PI \leq LL - 30</math>, es un A-7-5.  <small>b Si <math>PI &gt; LL - 30</math>, es un A-7-6.</small> </small>							

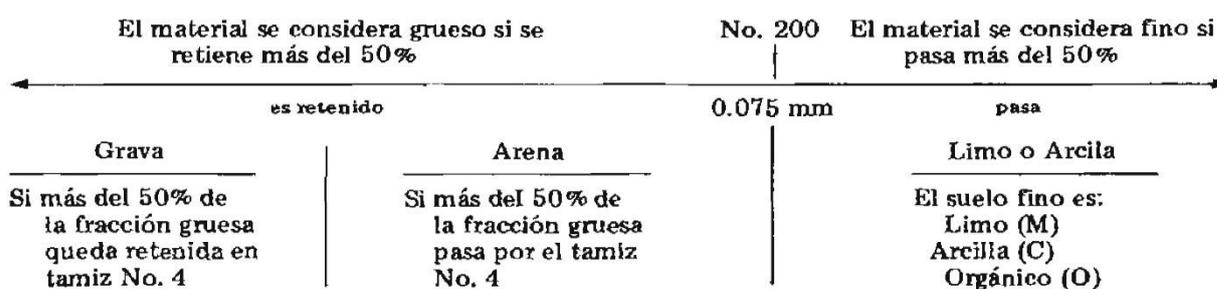
Figura 11: Sistema de clasificación de suelos AASHTO. (Fuente: (Das, 1999))

### 1.8.2.6.3 Sistema S.U.C.S.

Según (Bowles, 1981)

Los elementos esenciales del sistema de clasificación fueron propuestos inicialmente por Arturo Casagrande (1942) y adoptados subsecuentemente por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos. Actualmente, este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos. Dentro de los Estados Unidos el sistema es ampliamente utilizado por organizaciones tales como el Cuerpo de Ingenieros, la Oficina de Reclamos, y con pequeñas modificaciones por la mayoría de las firmas consultoras.

La figura 10 presenta los factores a considerar en la clasificación de un suelo de acuerdo con el sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Básicamente un suelo es:



A continuación, se consideran estas subdivisiones en más detalle:

1. Gravitas o arenas son:

GW, GP, SW o SP

si menos del 5% del material pasa a través del tamiz N° 200; G = grava; S = arena; W = bien gradada; P = pobremente gradada. La designación bien gradada o pobremente gradada depende de dos valores característicos para Cu y Cc con valores numéricos como se muestra en la Figura 10.

2. Gravitas y arenas son:

GM, GC, SM o SC

Si más del 12 % del material pasa a través del tamiz N° 200; M = limo; C = arcilla. La designación limo o arcilla se determina después de obtener los valores de los

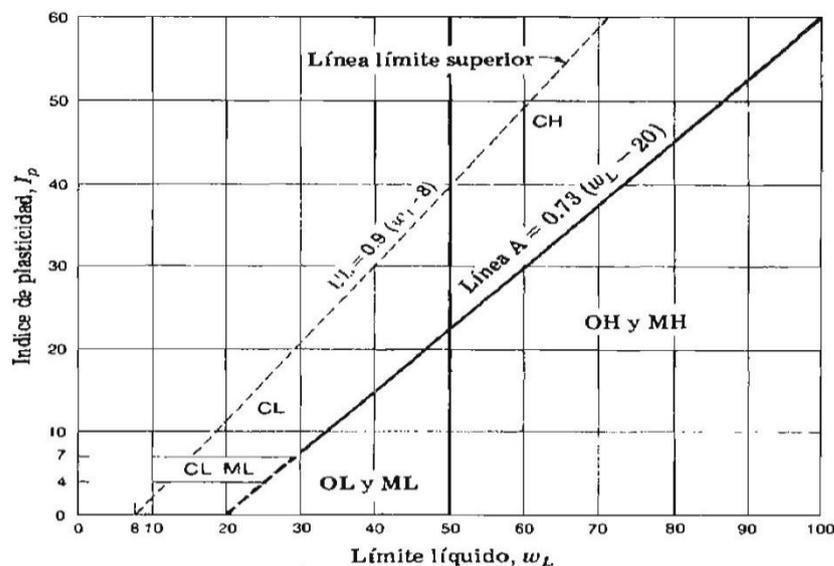
límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz No. 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad de la Figura 11.

Divisiones mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$		
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW		
		GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas gravo-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$		
	Arenas (Más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$ .	Si el material está en la zona sombreada con $4 \leq I_p \leq 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido $U_L < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% — GW, GP, SW, SP Más del 12% — GM, GC, SM, SC de 5 a 12% — Casos de frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	Limo y arcillas (límite líquido $> 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Figura 12: Sistema unificado de clasificación (SUCS). (Fuente: (Bowles, 1981))

Este cuadro es otra contribución de Casagrande al sistema, y la línea A que se encuentra en él, es conocida como la *línea A de Casagrande*. El cuadro que se

presenta en este manual ha sido modificado de acuerdo con las sugerencias del Cuerpo de Ingenieros en el sentido de que (hasta el momento) no se han encontrado suelos con coordenadas superiores a las determinadas por la línea "límite superior" mostrada.



**Figura 13:** Gráfica de plasticidad. (Fuente: (Bowles, 1981))

3. Las gravas y las arenas se pueden clasificar:

GW-GC	SW-SC	GP-GC	SP-SC
GW-GM	SQ-SM	GP-GM	SP-SM

Si entre 5 y 12% del material pasa a través del tamiz N°200.

4. Los suelos de grano fino (más del 50% pasa el tamiz N°200) son:

ML, OL, o CL

Si los límites líquidos son menores que 50%; M = limo; O = suelos orgánicos; C = arcilla.

5. Los suelos de grano fino son:

MH, OH, o CH

Si los límites líquidos son superiores a 50%; H = mayor que 50%.

Los límites líquido y plástico se ejecutan sobre material correspondiente a la fracción menor del tamiz N° 40 de todos los suelos, incluyendo gravas, arenas, y suelos finos. Estos límites se utilizan con la carta de plasticidad (Figura 11) para determinar el prefijo M, O, o C. dependiendo de la localización de las coordenadas de plasticidad del suelo dentro de la carta. Una descripción visual del suelo debe siempre incluirse conjuntamente con el símbolo unificado para completar la clasificación igual que en el sistema AASHTO.

### 1.8.2.7 Esfuerzo de Corte en los Suelos

#### 1.8.2.7.1 Resistencia de los Suelos al Esfuerzo de Corte

Según (Crespo Villalaz, 2004)

Dentro de ciertos límites, los suelos se comportan bajo la acción de las cargas como los materiales elásticos, aunque en algunos casos se producen deformaciones mayores que las normales, teniéndose que recurrir entonces a cálculos que tengan en cuenta la plasticidad del suelo.

Una muestra de suelo sometida a un esfuerzo de corte tiende a producir un desplazamiento de las partículas entre sí o de una parte de la masa del suelo con respecto al resto del mismo. En el primer caso (figura 12a) se dice que hay un disgregamiento de las partículas. En el segundo caso (figura 12b) se dice que la masa se desliza a lo largo de ciertas líneas de rotura, o si la masa de suelo es plástica se produce lo que se denomina fluencia plástica (figura 12c). Estos movimientos dentro de la masa de suelo tienden a ser contrarrestados por la llamada *resistencia al corte del suelo*.

Se acepta que la resistencia al corte  $\tau$  de un suelo viene dada por la ecuación de Coulomb:

$$\tau = c + P_i(\tan\varphi)$$

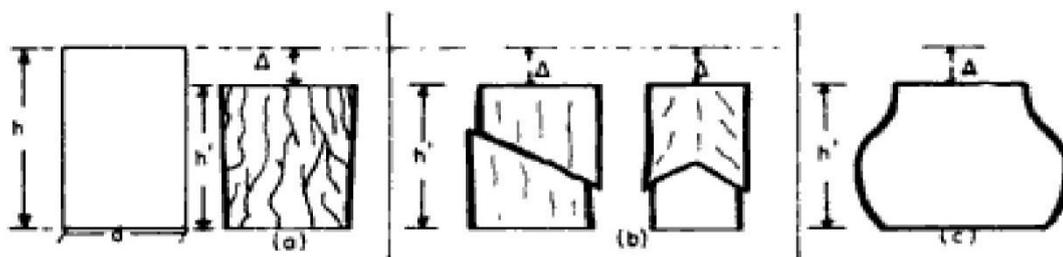
En la que:

$\tau$  = Resistencia al corte del suelo, en  $kg/cm^2$ .

$c$  = Cohesión del suelo, en  $kg/cm^2$ .

$P_i$  = Presión intergranular, en  $kg/cm^2$ .

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



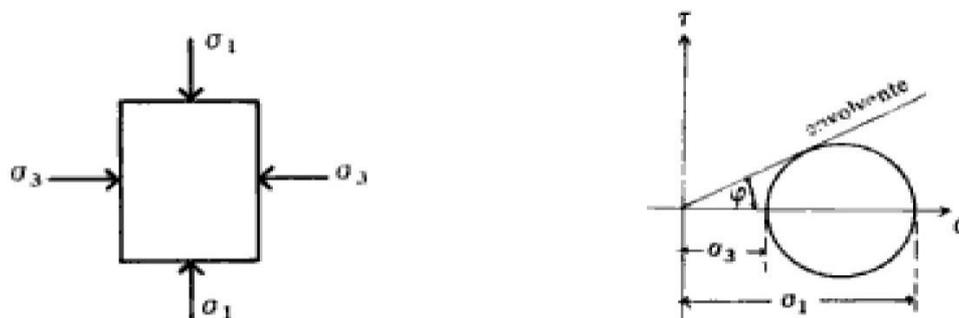
**Figura 14:** Resistencia al corte del suelo. (Fuente: (Crespo Villalaz, 2004))

En general, los suelos poseen al mismo tiempo cohesión y fricción interna; sin embargo, existen dos casos límites:

- a) Las arenas lavadas y secas que no poseen cohesión, en las que la carga de ruptura se produce para un valor de:

$$\tau = P_i(\tan\varphi)$$

Pasando por el origen la envolvente del círculo de Mohr, como se puede ver en la figura:

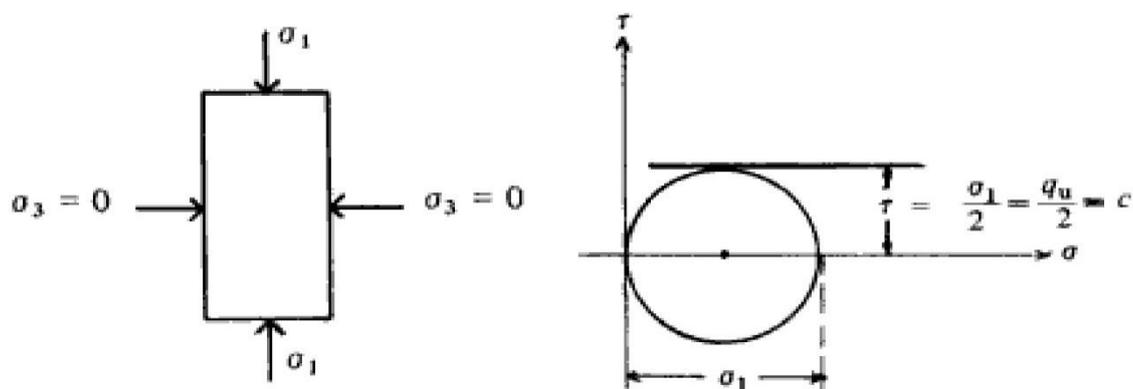


**Figura 15:** Gráfica de esfuerzo cortante con cohesión nula. (Fuente: (Crespo Villalaz, 2004))

- b) Las arcillas blandas, las que se comportan como si  $\varphi$  fuese igual a cero, resultando la carga de ruptura constante e igual a la cohesión del suelo, como se indica en la figura 14; por lo tanto:

$$\tau = c$$

$\sigma_1$  y  $\sigma_3$  son esfuerzos principales y  $q_u$  es el esfuerzo unitario de ruptura a compresión no confinada.



**Figura 16:** Gráfica de esfuerzo cortante igual a la cohesión. (Fuente: (Crespo Villalaz, 2004))

“La **cohesión** se define como la adherencia existente entre las partículas de suelo debido a la atracción que ejercen unas contra otras a causa de las fuerzas moleculares.” (Nij Patzán, 2009).

“El **ángulo de fricción** interna es un valor convencional utilizado para simplificar los cálculos, se le considera constante, aunque no lo es ya que depende de la granulometría del suelo, del tamaño y forma de las partículas y de la presión normal ejercida en el plano de falla” (Nij Patzán, 2009).

### 1.8.2.7.2 *Determinación del Esfuerzo de Corte*

Para (Crespo Villalaz, 2004), la cohesión de un suelo y su ángulo de fricción interna, componentes del esfuerzo de corte del mismo, pueden obtenerse de diferentes maneras, y entre ellas figuran: a) por medio del aparato de corte directo ideado por Arthur Casagrande, y b) por la prueba de compresión triaxial. En el caso de las arcillas, la determinación del esfuerzo de corte de las mismas puede determinarse, además, con la prueba de compresión axial no confinada o con la prueba de la veleta.

Según (Bowles, 1981)

Los ensayos de corte directo pueden clasificarse como sigue:

1. **Ensayos no consolidados - no drenados o ensayos U.** El corte se inicia antes de consolidar la muestra bajo la carga normal  $P_u$ . Si el suelo es cohesivo, y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial no consolidado - drenado.
2. **Ensayo consolidado - no drenado.** Se aplica la fuerza normal, y se observa el movimiento vertical del deformímetro hasta que pare el asentamiento antes de aplicar fuerza cortante. Este ensayo puede situarse entre los ensayos triaxiales consolidado-no drenado y consolidado - drenado.
3. **Ensayo consolidado - drenado.** La fuerza normal se aplica, y se demora la aplicación del corte hasta que se haya desarrollado todo el asentamiento; se aplica a continuación la fuerza cortante tan lento como sea posible para evitar el desarrollo de presiones de poros en la muestra. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial consolidado - drenado.

Para suelos no cohesivos, estos tres ensayos dan el mismo resultado, esté la muestra saturada o no, y por supuesto, si la tasa de aplicación del corte no es demasiado rápida. Para materiales cohesivos, los parámetros de suelos están marcadamente influidos por el método de ensayo y por el grado de saturación, y por el hecho de que el material esté normalmente consolidado o sobreconsolidado. Generalmente, se obtienen para suelos sobreconsolidados dos conjuntos de parámetros de resistencia - un conjunto para ensayos hechos con cargas inferiores a la presión de preconsolidación y un segundo juego para cargas normales mayores que la presión de preconsolidación. Donde se sospeche la presencia de esfuerzo de preconsolidación en un suelo cohesivo sería aconsejable hacer seis o más ensayos para garantizar la obtención de los parámetros adecuados de resistencia al corte.

### 1.8.2.8 Variación del Nivel Freático

Estos términos hacen referencia a la posición cambiante (en altura) del nivel del agua o nivel freático en el suelo, respecto a un determinado punto de control.

Se entiende por *nivel freático* a “la superficie que constituye en lugar geométrico de los puntos en que el agua posee una presión igual a la atmosférica que, en cuestiones de flujo en que se trabaja normalmente con presiones manométricas se considera igual a cero” (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

Respecto de cuáles son los factores que generan la variación del nivel freático en el suelo tenemos importantes autores que los definen, por ejemplo:

- (Pizarro, 1985) en su campo de estudio del suelo con fines de agricultura, menciona que las fuentes de agua de mayor importancia que pueden producir recarga del manto freático son: *precipitaciones, riego y escurrimiento subterráneo*.
- (Crespo Villalaz, 2004) menciona que el suelo al ser un material con arreglo variable de sus partículas deja entre ellas una serie de poros conectados unos con otros y que al producirse una caída de agua (*precipitación*) sobre éste, parte se escurre y parte se *infiltra* por acción de la gravedad hasta *estratos impermeables* más profundos, formando la capa freática.
- (De Ridder, 1978) La definición de *unidades hidrológicas*, es de gran importancia en áreas con problemas de drenaje, para tomar decisiones de prevención o control.

Teniendo en consideración los anteriores autores, es que en la presente investigación se estarán considerando como factores que influyen en la variación del nivel freático a: la precipitación, la infiltración, permeabilidad y el tipo de suelo (concepto visto en el **ítem 1.8.2.1.2**).

A continuación, brevemente se tocarán los conceptos de unidades hidrológicas expuestos por (De Ridder, 1978).

#### **Unidades Hidrogeológicas**

Según (Gonzales de Vallejo, 2004)

En la naturaleza una amplia gama de formaciones con capacidades muy diversas para almacenar y transmitir el agua; desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones suelen dividirse en cuatro grupos principales (Figura 17):

- **Acuíferos:** capaces de almacenar y transmitir el agua (gravas, arenas, materiales calizos, etc.); son formaciones con capacidad de drenaje alta en las que se pueden

perforar pozos y sondeos con el fin de satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería, etc.

- **Acuitardos:** capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas, etc.), y su capacidad de drenaje es media a baja; no son de interés para la obtención de caudales que puedan servir a alguna necesidad hídrica, pero en la naturaleza juegan un papel muy importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.
- **Acuicludos:** pueden almacenar el agua en grandes cantidades, pero no tienen la posibilidad de transmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentra encerrada en los poros de la formación y no puede ser liberada (arcillas, arcillas plásticas, limos arcillosos, etc.); en hidrogeología clásica, se asumen como impermeables, pero en ingeniería geológica este concepto se hace menos preciso, pues drenajes muy limitados pueden presentar problemas en determinadas obras.
- **Acuifugos:** formaciones incapaces de almacenar y de transmitir el agua; están representados por las rocas compactas, como granitos y gneises, y a veces incluso calizas muy compactas sin clasificar, se muestran como impermeables salvo que existan fracturas que pueden permitir flujos.

	Capacidad de almacenar	Capacidad de drenar	Capacidad de transmitir	Formaciones características
ACUIFEROS	ALTA	ALTA	ALTA	Gravas, arenas, calizas
ACUITARDOS	ALTA	MEDIA/BAJA	BAJA	Limos, arenas limosas y arcillosas
ACUICLUDOS	ALTA	MUY BAJA	NULA	Arcillas
ACUIFUGOS	NULA	NULA	NULA	Granitos, gneises, mármoles

**Figura 17:** Formaciones geológicas frente al agua. (Fuente: (Gonzales de Vallejo, 2004))

### 1.8.2.9 Factores que Afectan el Nivel Freático

#### 1.8.2.9.1 Precipitación

Según (Villón Béjar, 2002)

##### a) Definición

La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser forma de:

- Lluvias.
- Granizadas.
- Garúas.
- Nevadas.

“Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. En este capítulo se estudiarán dos aspectos fundamentales de la precipitación: por un lado, la manera en que se produce y algunos métodos con que se puede predecir dadas ciertas condiciones atmosféricas, para lo cual será necesario revisar algunos aspectos básicos de meteorología y, por otro, la manera en que se mide la precipitación y diversos criterios para el análisis, síntesis, corrección y tratamiento de los datos” (Aparicio Mijares, 1992).

#### **b) Origen de la Precipitación**

Una nube está constituida por pequeñísimas gotas de agua, que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño, algunas características de las gotitas de las nubes son:

- Diámetro aproximado de las gotitas 0.02mm.
- Espaciamiento entre gotitas 1mm.
- Masa 0.5 a 1gr/m<sup>3</sup>.

Por el contrario, las gotas de lluvia, tienen un diámetro de 0.5 a 2mm, es decir, un aumento en el volumen de las gotitas de las nubes de 100000 a 1000000 de veces.

En este sorprendente aumento, está el origen de las precipitaciones y se asume principalmente gracias a dos fenómenos:

- Unión entre sí de numerosas gotitas.
- Engrosamiento de una gota por fusión y condensación de otras.

#### **c) Clasificación de la Precipitación**

La formación de la precipitación, requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmósfera, la precipitación se clasifica en:

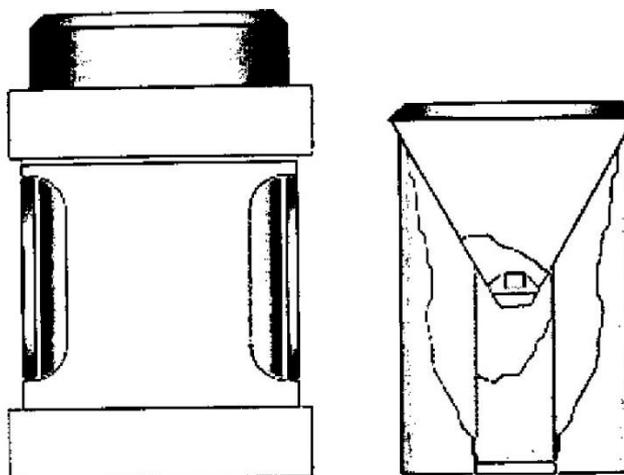
- Precipitación de convección.
- Precipitación orográfica.
- Precipitación ciclónica.

#### d) Medición de la Precipitación

La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua ( $hp$ ), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.

#### Pluviómetro

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20cm de diámetro y de 60cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la de la tapa (figura 18). Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta décimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca la probeta y se introduce una regla graduada, con la cual se torna la lectura; generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas.



**Figura 18:** Pluviómetro. (Fuente: (Villón Béjar, 2002))

Cuando hay necesidad de conocer la pluviometría mensual o estacional, de una zona de difícil acceso, donde sólo se va unas pocas veces al año, se utilizan los pluviómetros totalizadores. Estos pluviómetros, acumulan el agua llovida durante un período de tiempo más o menos largo. Para proteger el agua de la congelación, se usa cloruro de calcio u otro anticongelante, y para protegerla de la evaporación, se usa una capa de aceite.

### Pluviógrafo

Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas.

Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado en un sistema de reloj (figura 19). Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto a la altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El gráfico resultante recibe el nombre de pluviograma (figura 20).

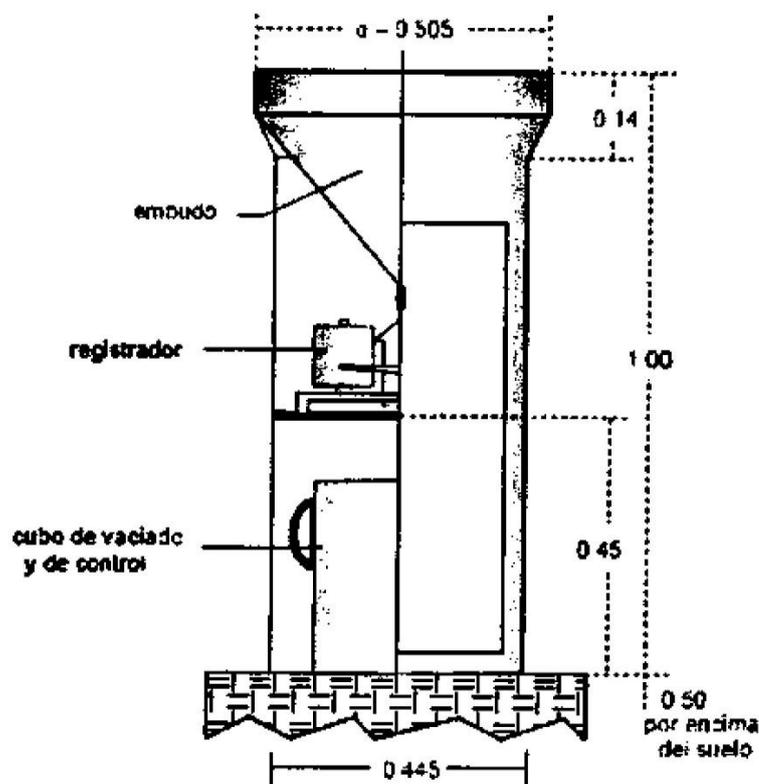
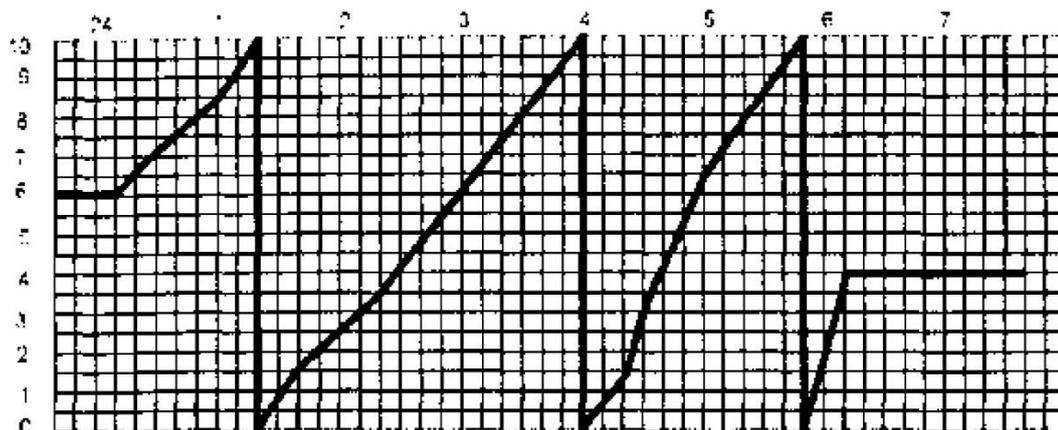
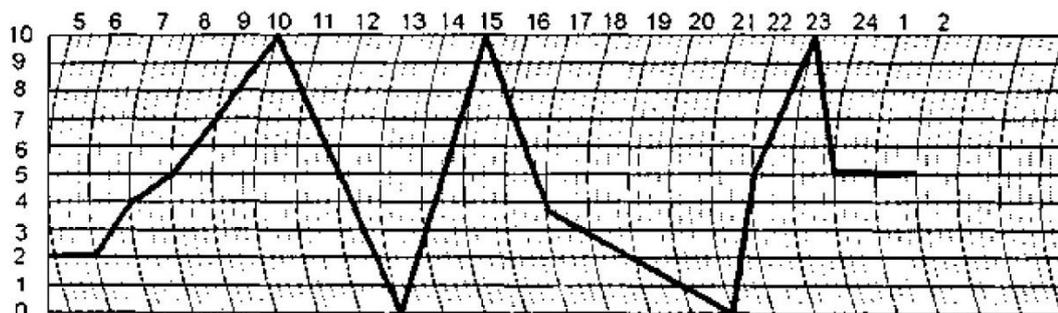


Figura 19: Pluviógrafo. (Fuente: (Villón Béjar, 2002))



**Figura 20:** Pluviograma de registro cuando la aguja asciende. (Fuente: (Villón Béjar, 2002))

Existen pluviómetros que registran la altura de precipitación, tanto cuando la aguja asciende y cuando desciende (figura 21).



**Figura 21:** Pluviograma de registro cuando la aguja asciende y desciende. (Fuente: (Villón Béjar, 2002))

### 1.8.2.9.2 Infiltración

Según (Aparicio Mijares, 1992)

#### a) Definición

Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la interceptación en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está

dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre.

La infiltración juega un papel de primer orden en la relación lluvia – escurrimiento y, por lo tanto, en los problemas de diseño y predicción asociados a la dimensión y operación de obras hidráulicas. En general, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada, especialmente en cuencas con un grado de urbanización relativamente bajo. Sin embargo, la infiltración recibe poca atención por parte de los ingenieros proyectistas, quizá por la falta de herramientas adecuadas para su tratamiento.

#### **b) Capacidad de Infiltración**

Se denomina capacidad de infiltración a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la

humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

#### **c) Factores que Afectan la Capacidad de Filtración**

- Textura del suelo.
- Contenido de humedad inicial.
- Contenido de humedad de saturación.
- Cobertura vegetal.
- Uso del suelo.
- Aire atrapado.
- Lavado de material fino.
- Compactación.
- Temperatura, sus cambios y diferencias.

#### **d) Ensayos de la Infiltración**

Los métodos para medir la infiltración se dividen en métodos directos e indirectos.

##### **Métodos directos**

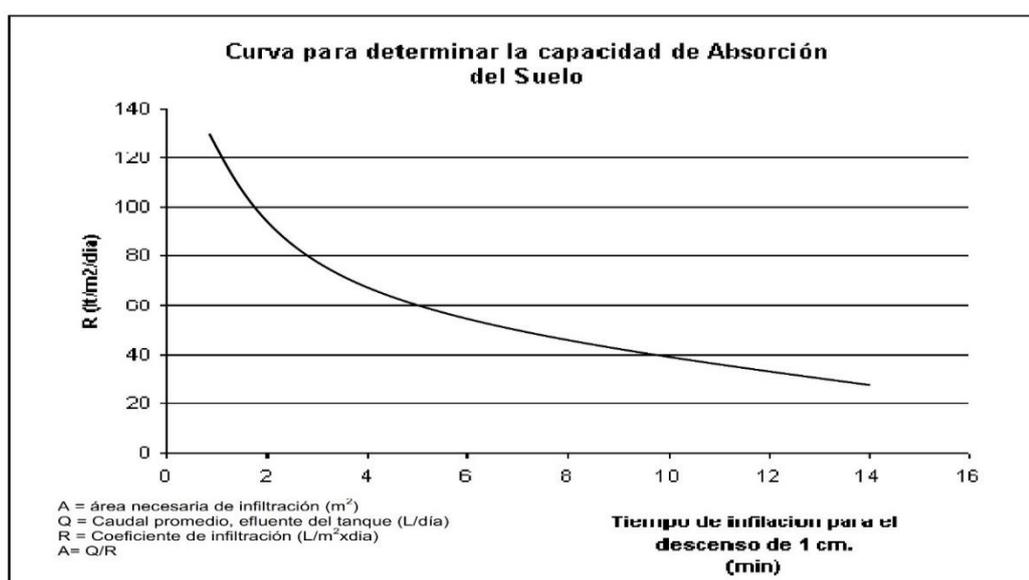
1. Lisímetros
2. Simuladores de lluvia
3. Infiltrómetros
4. Tubos

## Métodos indirectos

### 1. Prueba de Percolación (RNE IS.020)

Se utiliza para obtener un estimativo de tipo cuantitativo de la capacidad de absorción de un determinado sitio. Se procede a excavar agujeros de 0.3 x 0.3m en la que cuidadosamente se rasparán las paredes para luego añadir una capa de arena gruesa al fondo del agujero y finalmente llenar con agua limpia el agujero hasta los 0.3m excavados. Pasadas las 24h de colocada el agua se procede a la toma de lecturas mientras se va rellenando agua tal como lo estipula el Reglamento Nacional de Edificaciones.

La tasa de infiltración se calcula a partir de la siguiente gráfica:



**Figura 22:** Curva para determinar la capacidad de Absorción del Suelo. (Fuente: RNE IS.020)

La norma IS.020 hace la siguiente clasificación de suelos según los resultados de la prueba de infiltración:

**Tabla 6**

*Clasificación de los Terrenos según resultados de prueba de Percolación*

Clase de Terreno	Tiempo de Infiltración para el descenso de 1cm.
Rápidos	de 0 a 4 minutos
Medios	de 4 a 8 minutos
Lentos	de 8 a 12 minutos

Fuente: Elaboración propia (Fuente: RNE IS.020)

### 1.8.2.9.3 Permeabilidad

#### a) Definición

“Se dice que un material es permeable cuando contiene vacíos continuos. Como tales vacíos existen en todos los suelos, incluyendo las arcillas más compactas, y en todos los materiales de construcción no metálicos, comprendidos el granito sano y la pasta de cemento, dichos materiales son permeables. La circulación de agua a través de su masa obedece también aproximadamente a leyes idénticas, de modo que la diferencia entre una arena limpia y un granito sano es, en este concepto, solo una diferencia de magnitud” (Terzaghi & Peck, 1978).

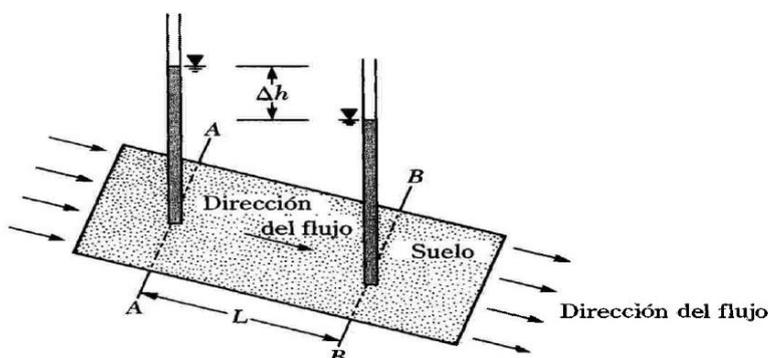
Para (Das, 1999), los espacios vacíos o poros entre los granos del suelo permiten que el agua fluya a través de ellos. En mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones se debe saber cuánta agua fluye a través del suelo en un tiempo unitario. Este conocimiento se requiere para diseñar presas de tierra, determinar la cantidad de infiltración bajo estructuras hidráulicas y para desaguar antes y durante la construcción de cimentaciones. Darcy (1856) propuso la siguiente ecuación para calcular la velocidad del flujo de agua a través de un suelo.

$$v = ki$$

Donde  $v =$  velocidad de Darcy (cm/s)  
 $k =$  permeabilidad hidráulica del suelo (cm/s)  
 $i =$  gradiente hidráulico

El gradiente hidráulico  $i$  se define como:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$



**Figura 23:** Definición de la ley de Darcy. (Fuente: (Das, 1999))

Donde  $\Delta h =$  diferencia de carga piezométrica entre las secciones AA y BB  
 $L =$  distancia entre las secciones en AA y BB

La tabla 7 muestra el rango general de los valores de  $k$  para varios suelos.

**Tabla 7**

*Rango de la permeabilidad hidráulica para varios suelos*

Tipo de Suelo	Permeabilidad Hidráulica, $k$ (cm/s)
Grava media a gruesa	Mayor que $10^{-1}$
Arena gruesa a fina	$10^{-1}$ a $10^{-3}$
Arena fina, arena limosa	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
Limo, limo arcilloso, arcilla limosa	$10^{-4}$ a $10^{-6}$
Arcillas	$10^{-7}$ o menor

Fuente: Elaboración propia (Das, 1999)

La tabla 8 contiene datos relativos a los valores de los coeficientes de permeabilidad de los distintos suelos y a los métodos más apropiados para efectuar ensayos de permeabilidad en ellos.

**Tabla 8**

*Permeabilidad y condiciones de drenaje de los suelos*

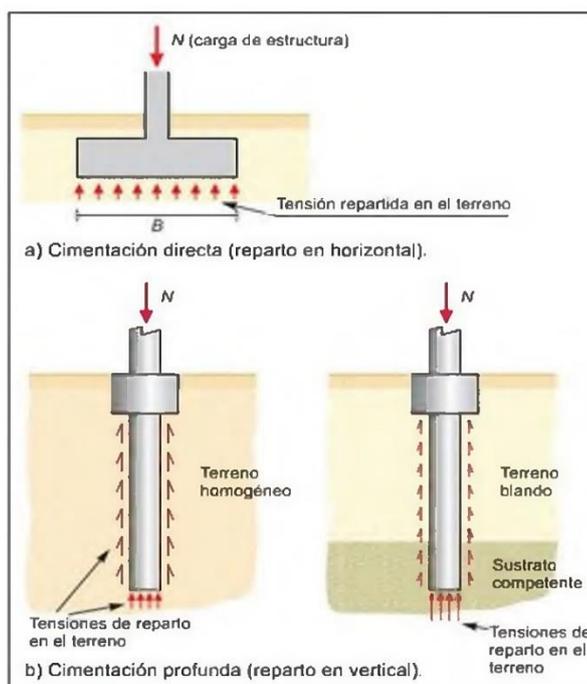
		Coeficiente de permeabilidad $k$ en cm/seg (escala logarítmica)											
		$10^{-3}$	10	1.0	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$
Drenaje		Bueno					Pobre			Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo		Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava.			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada.			Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición.				
			Suelos "impermeables" modificados por la vegetación o por descomposición.**										
Determinación directa de $k$	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.												
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.												
Determinación indirecta de $k$	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados.	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.								
	Por cálculo partiendo de la curva granulométrica. Solo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.										Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia.		

Fuente: A. Casagrande y R. E. Fadum (1940)

## 1.8.2.10 Cimentaciones Superficiales – Capacidad de Carga Última

### 1.8.2.10.1 Introducción

“Toda estructura ha de apoyarse necesariamente en el terreno, que puede considerarse un material más débil que la conforman. Sin embargo, en comparación con el resto de los materiales estructurales, como el hormigón o el acero, el suelo es menos resistente y más deformable. Por consiguiente, no puede resistir las mismas tensiones y resulta preciso dotar a la estructura de unos apoyos o cimentaciones que repartan y transmitan al terreno unas presiones que sean compatibles con su resistencia y con su deformabilidad. La forma y las dimensiones de esos apoyos son función de las cargas y de la naturaleza del terreno. Cuando éste lo permite se suele acudir a cimentaciones superficiales, que reparten las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal (Figura 24a) y cuando no, a cimentaciones profundas (Figura 24b)” (Gonzales de Vallejo, 2004).



**Figura 24:** Tipos básicos de cimentación. (Fuente: (Gonzales de Vallejo, 2004))

(Das, 1999) menciona que, para comportarse satisfactoriamente, las cimentaciones superficiales deben tener dos características principales:

1. La cimentación debe ser segura contra una falla por corte general del suelo que la soporta.
2. La cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo, es decir, un asentamiento excesivo.

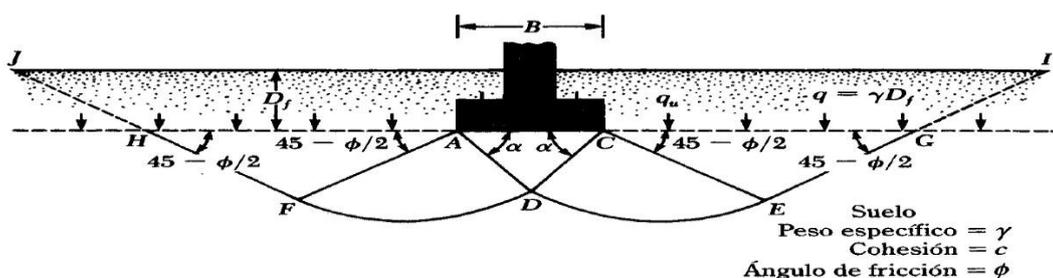
La carga por área unitaria de la cimentación bajo la cual ocurre la falla por corte en el suelo se llama capacidad de carga última.

### 1.8.2.10.2 Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con ésta, una cimentación es superficial si la profundidad,  $D_f$  (figura 25), de la cimentación es menor o igual que el ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con,  $D_f$  igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser definidas como cimentaciones superficiales.

Terzaghi sugirió que para una cimentación corrida (es decir, cuando la relación ancho entre longitud de la cimentación tiende a cero), la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede suponerse similar a la mostrada en la figura 25. El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobrecarga equivalente efectiva  $q = \gamma D_f$  (donde  $\gamma$  = peso específico del suelo). La zona de falla bajo la cimentación puede separarse en tres partes (véase la figura 25):

1. La zona triangular ACD inmediatamente abajo de la cimentación
2. Las zonas de corte radiales ADF y CDE, con las curvas DE y DF como arcos de una espiral logarítmica
3. Dos zonas pasivas de Rankine triangulares AFH y CEG



**Figura 25:** Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación rígida corrida. (Fuente: (Das, 1999))

Se supone que los ángulos CAD y ACD son iguales al ángulo de fricción del suelo,  $\phi$ . Note que, con el reemplazo del suelo arriba del fondo de la cimentación por una sobrecarga equivalente  $q$ , la resistencia de corte del suelo a lo largo de las superficies de falla GI y HJ fue despreciada.

Usando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresó la capacidad de carga última en la forma:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (\text{cimentación corrida})$$

Donde  $c$  = cohesión del suelo

$\gamma$  = peso específico del suelo

$q$  =  $\gamma D_f$

$N_c$   $N_q$   $N_\gamma$  = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo  $\phi$  de fricción del suelo.

Para cimentaciones que exhiben falla local por corte en suelos, Terzaghi sugirió las siguientes ecuaciones:

$$q_u = \frac{2}{3}cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2}\gamma BN'_\gamma \quad (\text{cimentación corrida})$$

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma \quad (\text{cimentación cuadrada})$$

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_\gamma \quad (\text{cimentación circular})$$

$N'_c$   $N'_q$   $N'_\gamma$  son los factores de capacidad de carga modificada que se detallan en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi  $N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_\gamma$*

$\phi$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$\phi$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$
0	5.7	1	0	26	15.33	6.05	2.59
1	5.9	1.07	0.005	27	16.3	6.54	2.88
2	6.1	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.3	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.3	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.1	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.7	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.2	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.3	37	28.51	15.32	10.9
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.67	2.55	0.48	40	34.87	20.5	17.22
15	10.06	2.73	0.57	41	37.45	22.7	19.75
16	10.47	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.5
17	10.9	3.13	0.76	43	43.54	25.21	22.5
18	11.36	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.4
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.7
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.3
22	12.92	4.48	1.55	48	66.8	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.51	57.41	71.45
24	14.14	5.2	1.97	50	81.31	65.6	85.75
25	14.8	5.6	2.25				

*Fuente:* (Das, 1999)

### 1.8.2.10.3 Capacidad de Carga por Presencia de Nivel Freático

A continuación, se presentan las ecuaciones para cimentaciones cuadradas que son objeto de estudio en la presente tesis.

Según (Das, 1999)

#### Caso I

Si el nivel freático se localiza de manera que  $0 \leq D_1 \leq D_f$ , el factor  $q$  en las ecuaciones de la capacidad de carga toma la forma:

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'\gamma \quad (\text{ecuación principal})$$

$$q = \text{sobrecarga efectiva} = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w) \quad (\text{reemplazar en ecuación principal})$$

Donde  $\gamma_{sat}$  = peso específico saturado del suelo

$\gamma_w$  = peso específico del agua

Además, el valor de  $\gamma$  en el último término de la ecuación principal tiene que ser reemplazada por:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (\text{reemplazar en ecuación principal})$$

#### Caso II

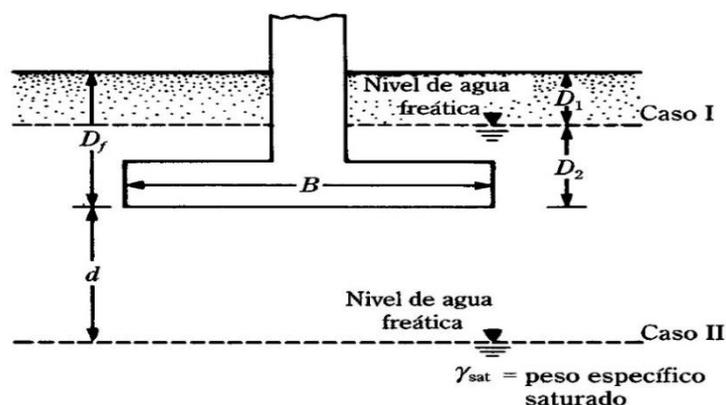
Para un nivel freático localizado de manera que  $0 \leq d \leq B$ ,

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'\gamma \quad (\text{ecuación principal})$$

$$q = \gamma D_f \quad (\text{reemplazar en ecuación principal})$$

El factor  $\gamma$  en el último término de la ecuación principal debe reemplazarse por el factor:

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma') \quad (\text{reemplazar en ecuación principal})$$



**Figura 26:** Modificación de las ecuaciones de carga por nivel de aguas freáticas. (Fuente: (Das, 1999))

### Caso III

Para un nivel freático localizado de manera que  $d \geq B$ , el agua no afectará la capacidad de carga última.

$$q_u = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma \quad (\text{ecuación principal})$$

#### 1.8.2.10.4 Factor de Seguridad

Para (Das, 1999), el cálculo de la *capacidad de carga bruta admisible* de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (*FS*) a la capacidad de carga última bruta, o

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

## CAPÍTULO II

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### 2.1. Materiales

##### 2.1.1. Recursos Humanos

- **Asesor:** Es un profesional de nuestra Universidad Nacional de San Martín, conocedor del tema en estudio que nos brindó su colaboración intelectual y amplia experiencia.
- **Tesistas:** Término referido a los que estamos elaborando el presente trabajo de investigación, siguiendo una serie de paradigmas estipulados por la universidad y por otros estudiosos del tema a desarrollar. La coordinación con otros recursos humanos como los técnicos de laboratorio de suelos ha sido constante durante este proceso de estudio.
- **Jefe de Laboratorio:** Es aquel profesional responsable del Laboratorio de Mecánica de Suelos, haciendo siempre el seguimiento a todos los ensayos realizados, para una correcta ejecución, interpretación y posterior certificación de los resultados.
- **Técnicos de Laboratorio:** Son los encargados de orientar en campo para una correcta extracción de muestras de los suelos a estudiar. En el laboratorio preparan lo necesario para la realización de un ensayo.

##### 2.1.2. Recursos Materiales

###### b) Materiales Usados en Campo

- Arena gruesa
- Agua limpia
- Materiales para señalización
- Wincha metálica

###### c) Materiales Usados en Laboratorio

- Recipientes de aluminio
- Juego de tamices

###### d) Materiales para recolección de datos

- Usb
- Lápiz, lapicero, marcadores

- Papel bond
- Libreta de apuntes

### **2.1.3. Recursos de Equipos**

#### **a) Equipos en Campo**

- Aparato de cono de arena

#### **b) Equipos de Laboratorio**

- Horno
- Balanza
- Copa de Casagrande
- Aparato de corte directo

#### **c) Equipos de recolección y procesamiento de información**

- Cámaras fotográficas
- Equipos de cómputo
- Calculadoras
- Impresoras

## **2.2. Metodología**

### **2.2.1. Universo, Población y Muestra**

#### **2.2.1.1. Universo**

Está constituido por todos los suelos del distrito de Pucacaca.

#### **2.2.1.2. Población**

Está dada por los suelos de la Asociación de Vivienda César Ruiz Reátegui del distrito de Pucacaca, en el año 2017.

#### **2.2.1.3. Muestra**

Está dada por 03 muestras obtenidas en la exploración a cielo abierto en las ubicaciones señaladas en el ítem 1.6.4 Delimitación Espacial.

### **2.2.2. Sistema de Variables**

#### **2.2.2.1. Variable Independiente**

Nivel freático.

### 2.2.2.2. Variable Independiente

Capacidad portante de los suelos de la Asociación de Vivienda Cesar Ruiz Reátegui en el distrito de Pucacaca.

### 2.2.3. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es: No Experimental – Correlacional.

- **No experimental**, porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Ésta se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad.
- **Correlacional**, porque determina si dos variables están correlacionadas o no. Esto significa analizar si un aumento o disminución en una variable coincide con un aumento o disminución en la otra variable.

### 2.2.4. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es Explicativo, ya que se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o porqué dos o más variables están relacionadas.

### 2.2.5. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es Longitudinal, puesto que, se recolectan datos sobre variables o sus relaciones en dos o más momentos, para evaluar el cambio en estas, es decir, se recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos específicos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.; por esta descripción la investigación es de diseño.

### 2.2.6. Técnicas, Instrumentos y Procedimiento de Recolección de Datos

#### 2.2.6.1. Técnicas de Recolección de Datos

- **Observación no Experimental**

La finalidad de esta técnica fue de recopilar datos de una forma sencilla, registrar características y delimitar los sectores a estudiar para posteriores sondeos en el suelo. Toda esta obtención de datos se hace sin manipulación de la variable independiente.

### **2.2.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **1. Excavación de calicatas**

Posterior a la definición de su ubicación, se procedió a la excavación de las 03 calicatas.

#### **2. Extracción de muestras**

Se procedió a la extracción de muestras de los estratos encontrados en las calicatas, para la obtención de sus parámetros en laboratorio.

#### **3. Ensayos insitu**

Comprende la realización de ensayos de percolación (RNE IS.020) para la obtención de datos de infiltración en los suelos y ensayos de densidades de campo (Norma ASTM D1556-64).

#### **4. Ensayos de laboratorio**

En este apartado se realizaron los siguientes ensayos:

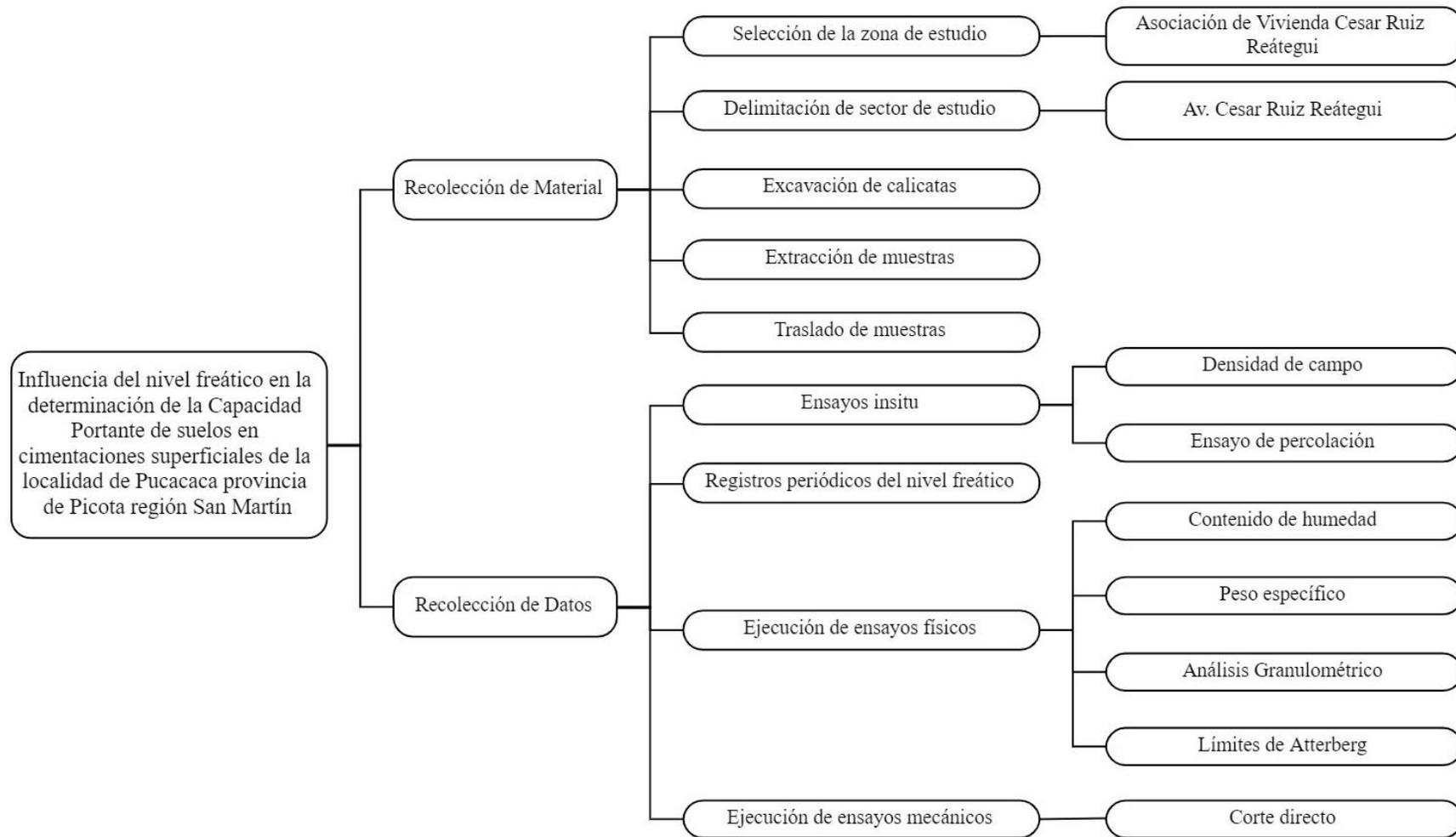
- Determinación del contenido de humedad (Norma ASTM D2216-71).
- Peso específico (Norma ASTM D854).
- Análisis granulométrico (Normas ASTM D421-58 y ASTM D422-63).
- Límites de Atterberg (Normas ASTM 423-66, ASTM 424-59 y ASTM 427-61).
- Corte directo (Norma ASTM D3080).

#### **5. Registros periódicos del nivel freático**

Paralelo a estos 4 ítems anteriores, en la presente investigación se han venido tomando datos del nivel freático en las calicatas excavadas, en diferentes períodos del año (noviembre de 2016 hasta mayo de 2017).

### **2.2.6.3. Procedimiento de Recolección de Datos**

A continuación, se detalla gráficamente (figura 27) el proceso de recolección de datos válidos para la presente tesis de investigación:



**Figura 27:** Esquema de procedimiento de recolección de datos. (Fuente: Elaboración Propia)

### 2.2.7. *Técnicas de Análisis de Datos*

Estas técnicas nos ayudaron a organizar, describir y analizar los datos recogidos con los instrumentos de investigación.

**La estadística:** Según (Monje Álvarez, 2011), la estadística permite recolectar, analizar, interpretar y presentar la información que se obtiene en el desarrollo de una determinada investigación. Todo dato o grupo de datos obtenidos, antes de ser totalizados y utilizados requiere de un examen crítico, sobre los aspectos de exactitud, precisión y representatividad, lo que se denomina crítica del dato.

Una vez terminados de recoger los datos, se deben organizar y resumir para obtener información significativa, es decir, analizar los datos utilizándose para esto la estadística descriptiva.

- **La estadística descriptiva:** El concepto básico de la descripción estadística es la distribución de frecuencias, método para organizar y resumir datos, que son ordenados indicándose el número de veces que se repite cada valor. Esta distribución puede realizarse con las variables medidas desde el nivel nominal hasta el de razón.

### 2.2.8. *Desarrollo Metodológico de la Investigación*

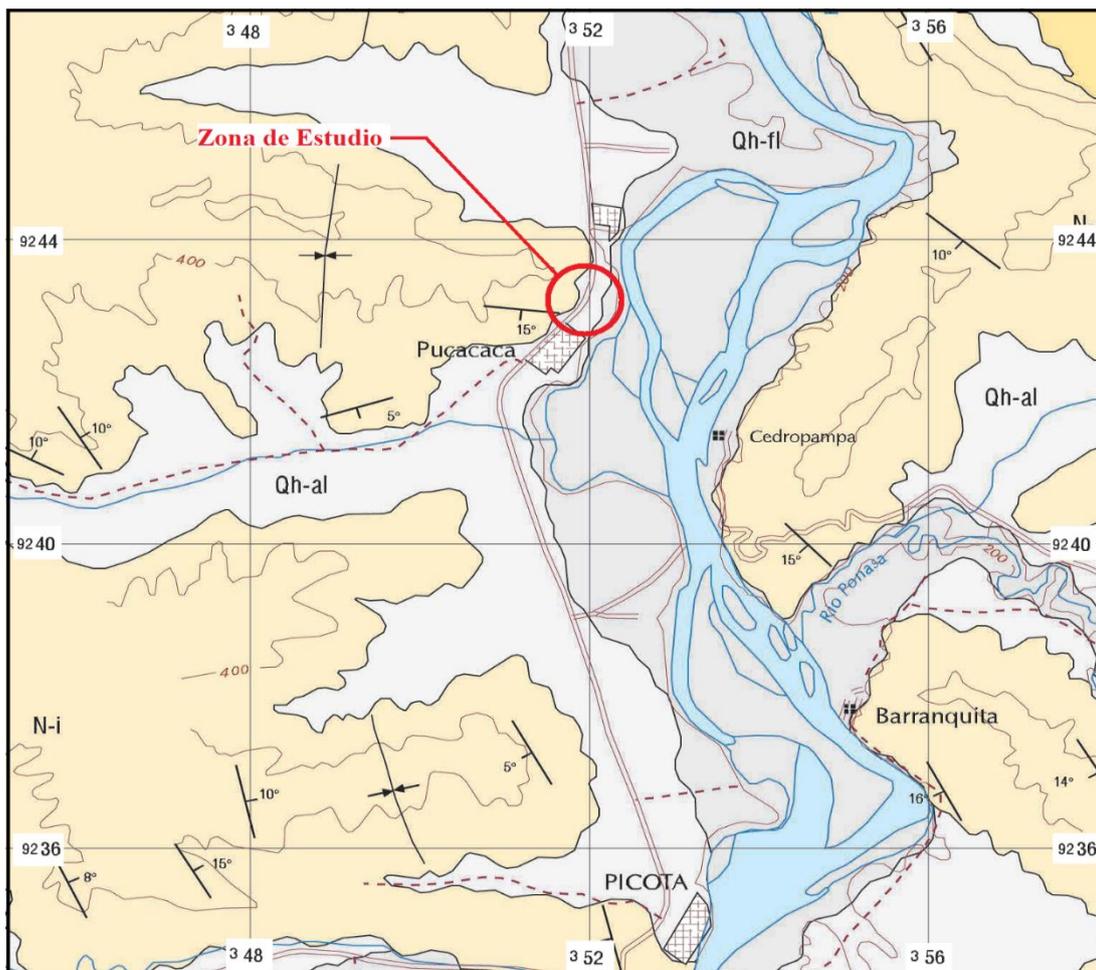
#### 2.2.8.1. **Recopilación de Información**

Se realizó la búsqueda bibliográfica y cartográfica, informes e información disponible del lugar de interés, la que nos sirvió de base y orientación para la planificación, organización y ejecución del trabajo de campo.

#### 2.2.8.2. **Ubicación de Puntos de Exploración**

Tal como se puede evidenciar en la figura 28, nuestra zona de estudio se ubica en el Cuadrante 14-k (Utcurarca) de la Carta Geográfica Nacional. La unidad litoestratigráfica es la de Depósitos Aluviales (Qh-al) del sistema Cuaternario por lo que las 03 calicatas se ubicaron en las siguientes coordenadas:

- |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| • <b>C-01:</b> | • <b>C-02:</b> | • <b>C-03:</b> |
| 351850.00 m E  | 351928.00 m E  | 352008.00 m E  |
| 9242979.00 m S | 9243187.00 m S | 9243385.00 m S |



**Figura 28:** Ubicación de zona de estudio en la Carta Geológica Nacional. (Fuente: Ingemmet)



**Figura 29:** Ubicación de calicatas en zona de estudio. (Fuente: Elaboración Propia (Ref. Google Earth))

### 2.2.8.3. Exploración del Suelo

Durante esta etapa de la investigación, se procedió al sondeo (Norma ASTM D420-69) en el área de interés a través de calicatas y cuya ubicación se mencionó en el ítem 2.2.8.2. A continuación, se explica a mayor detalle las etapas:

1. Excavación de 03 calicatas a diferentes profundidades, teniendo como objetivo el encontrar el nivel freático en una primera etapa y en una segunda, excavar alrededor de 70cm más en terreno completamente saturado.
2. Durante la primera etapa de excavación de las 03 calicatas (desde cero hasta el nivel freático), se realizaron los ensayos de determinación de densidad de campo y el de infiltración en cada una de ellas.
3. La extracción de muestras representativas de 40kg del suelo se hicieron en el estrato antes de llegar al nivel freático y después del nivel freático, cuando el suelo se encontraba saturado. La conservación de las muestras fue muy cuidadosa, de esa manera evitar distorsiones en los resultados obtenidos en el laboratorio.



**Figura 30:** Excavación de Calicata C-01. (Fuente: Elaboración Propia)

#### 2.2.8.4. Ensayo de Densidad Insitu

Como ya se mencionó en el ítem anterior, este ensayo se realizó durante la primera etapa de excavación de las calicatas. Las pautas para su correcta ejecución se tomaron de la NTP. 339.143 y los equipos para su realización estuvieron correctamente calibrados.

Los aparatos y equipos utilizados y el proceso de ejecución se explican ampliamente dentro de las bases teóricas, en el ítem 1.8.2.3.2 *Densidad de Campo*.



**Figura 31:** Ensayo insitu de densidad de campo. (Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 10***Cálculo de densidad de campo – Método del cono de arena*

<b>Densidad Insitu - Método del Cono de Arena</b>				
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>	<b>C-03</b>
1	Peso Inicial de la Arena a utilizar para llenar el Hoyo de prueba + Cono + Placa Base	7435	7351	7274
2	Peso Restante de la Arena utilizada para llenar el Hoyo de prueba + Cono + Placa Base	2778	2667	2683
3	Peso Arena del Hoyo + Cono + Plato Base (1-2)	4657	4684	4591
4	Peso Arena necesario para llenar el Cono + Placa Base	1649	1649	1649
5	Peso Arena del Hoyo (3-4)	3008	3035	2942
6	Densidad de la Arena (gr/cc)	1400	1400	1400
7	Volumen del Hoyo (5/6)	2148.6	2167.9	2101.4
8	Peso del Material	3945	4250	4255
9	Peso del Deposito o Recipiente Grava	0	0	0
10	Peso del total del Material - Grava (8-9)	3945	4250	4255
11	Peso de la Grava Extraída (Retenido en la Malla N° 3/4")	0	0	0
12	Peso Específico de la Grava (gr/cc)	0	0	0
13	Volumen de la Grava (11/12)	0	0	0
14	Peso del Material (10-11)	3945.00	4250.00	4255.00
15	Volumen del Material (7-13)	2148.6	2167.9	2101.4
16	Densidad Húmeda del Material (14/15) (gr/cc)	<b>1.84</b>	<b>1.96</b>	<b>2.02</b>

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.8.5. Monitoreo de la Variación del Nivel Freático

#### 2.2.8.5.1. Ensayo de Infiltración

Al igual que el ensayo anterior y el que sigue a éste, se ejecutaron durante la primera etapa de excavación de las calicatas.

**El ensayo de Infiltración** estuvo guiado por la Norma IS. 020 del Reglamento Nacional de Edificaciones y por bibliografía referente al tema. En el ítem **1.8.2.9.2 Infiltración** de las bases teóricas se tocó brevemente el tema introductorio, razón por la cual a continuación se describe a detalle el procedimiento de ejecución del ensayo:

Según (RNE, 2006)

- Excávense agujeros cuadrados de 0,3 x 0,3 m cuyo fondo deberá queda a la profundidad a la que se construirán las zanjas de drenaje.
- Cuidadosamente, con cuchillo se repararán paredes del agujero; añada 5 cm de grava fina o arena gruesa al fondo del agujero.
- Se llenará cuidadosamente con agua limpia el agujero hasta una altura de 0.30 m sobre la capa de grava y se mantendrá esta altura por un período mínimo de 4 horas.

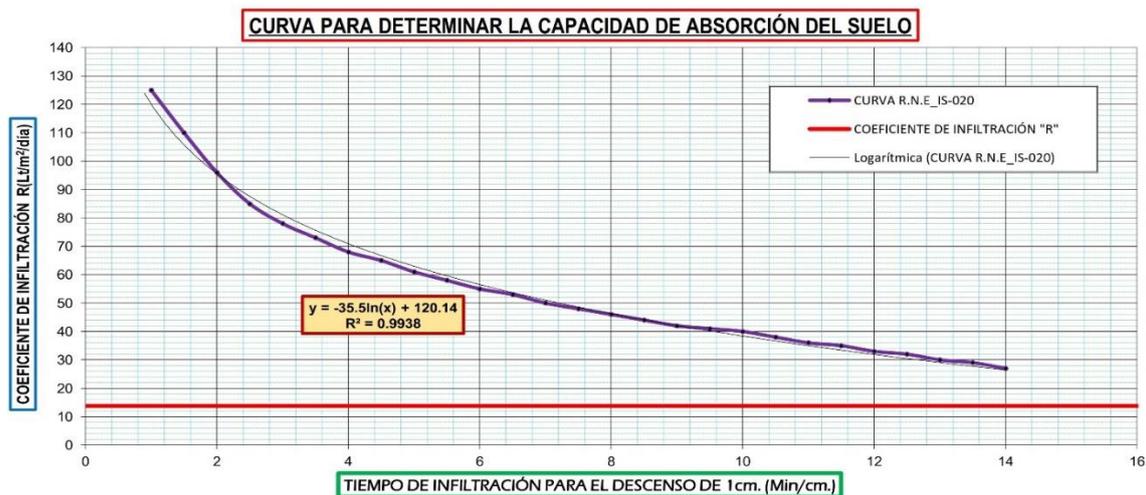
Esta operación debe realizarse en lo posible durante la noche. a las 24 horas de haber llenado por primera vez el agujero, se determinará la tasa de percolación de acuerdo con el procedimiento que se describe a continuación:

- a) Si el agua permanece en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se ajusta la profundidad aproximadamente a 25 cm sobre la grava. Luego utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua durante un periodo de 30 min. Este descenso se usa para calcular la tasa de percolación.
- b) Si no permanece agua en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se añade agua hasta lograr una lámina de 15 cm por encima de la capa de grava. Luego, utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua a intervalos de 30 minutos aproximadamente, durante un periodo de 4 horas. Cuando se estime necesario se podrá añadir agua hasta obtener un nuevo nivel de 15 cm por encima de la capa de grava. El descenso que ocurre durante el periodo final de 30 minutos se usa para calcular la tasa de absorción o infiltración. Los datos obtenidos en las primeras horas proporcionan información para posibles modificaciones del procedimiento, de acuerdo con las condiciones locales.
- c) En suelos arenosos o en algunos otros donde los primeros 15 cm de agua se filtran en menos de 30 minutos después del periodo nocturno de expansión, el intervalo de tiempo entre mediciones debe ser de 10 minutos y la duración de la prueba una hora. El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración.

**Nota:** En los terrenos arenosos no será necesario esperar 24 horas para realizar la prueba de percolación.

La curva que se presenta en la figura 22, utilizada para los cálculos de infiltración, se puede expresar matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$y = -35.5\ln(x) + 120.14$$



**Figura 32:** Ecuación para determinar la capacidad de absorción del suelo. (Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 11**

*Ensayo de infiltración del suelo, C-01*

TEST DE PERCOLACIÓN C-01									
Fecha	Intervalo		Alturas			¿Se recargó?	Velocidad Infiltración (mm/hr)	Capacidad Infiltración (min/cm)	Tasa Infiltración (lt/m <sup>2</sup> /día)
	Inicio (min)	Final (min)	Inicio (cm)	Final (cm)	Variación (cm)				
09/11/2016	0	30	15.00	13.10	1.90	No	38.00	25.00	5.87
	30	60	13.10	11.50	1.60	No	32.00		
	60	90	11.50	10.10	1.40	No	28.00		
	90	120	10.10	8.80	1.30	No	26.00		
	120	150	8.80	7.55	1.25	No	25.00		
	150	180	7.55	6.35	1.20	No	24.00		
Promedio Velocidad de Infiltración (mm/hr)							<b>28.83</b>	Clase de Terreno:	
Altura de llenado de hoyo, sobre la cama de arena (cm)							15cm	<b>Muy Lento</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12**

*Ensayo de infiltración del suelo, C-02*

TEST DE PERCOLACIÓN C-02									
Fecha	Intervalo		Alturas			¿Se recargó?	Velocidad Infiltración (mm/hr)	Capacidad Infiltración (min/cm)	Tasa Infiltración (lt/m <sup>2</sup> /día)
	Inicio (min)	Final (min)	Inicio (cm)	Final (cm)	Variación (cm)				
09/11/2016	0	30	15.00	13.05	1.95	No	39.00	24.00	7.32
	30	60	13.05	11.40	1.65	No	33.00		
	60	90	11.40	9.95	1.45	No	29.00		
	90	120	9.95	8.65	1.30	No	26.00		
	120	150	8.65	7.40	1.25	No	25.00		
	150	180	7.40	6.15	1.25	No	25.00		
Promedio Velocidad de Infiltración (mm/hr)							<b>29.50</b>	Clase de Terreno:	
Altura de llenado de hoyo, sobre la cama de arena (cm)							15cm	<b>Muy Lento</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13***Ensayo de infiltración del suelo, C-03*

TEST DE PERCOLACIÓN C-03									
Fecha	Intervalo		Alturas			¿Se recargó?	Velocidad Infiltración (mm/hr)	Capacidad Infiltración (min/cm)	Tasa Infiltración (lt/m <sup>2</sup> /día)
	Inicio (min)	Final (min)	Inicio (cm)	Final (cm)	Variación (cm)				
09/11/2016	0	30	15.00	13.10	1.90	No	38.00	<b>24.00</b>	<b>7.32</b>
	30	60	13.10	11.55	1.55	No	31.00		
	60	90	11.55	10.15	1.40	No	28.00		
	90	120	10.15	8.85	1.30	No	26.00		
	120	150	8.85	7.60	1.25	No	25.00		
	150	180	7.60	6.35	1.25	No	25.00		
Promedio Velocidad de Infiltración (mm/hr)							<b>28.83</b>	Clase de Terreno:	
Altura de llenado de hoyo, sobre la cama de arena (cm)							15cm	<b>Muy Lento</b>	

Fuente: Elaboración propia

**2.2.8.5.2. Ensayo de Permeabilidad**

El ensayo de permeabilidad se desarrolla teniendo en consideración la bibliografía descrita en el ítem **1.8.2.9.3 Permeabilidad** de las bases teóricas.

**Figura 33:** Ensayo insitu de Infiltración y permeabilidad. (Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 14***Ensayo de permeabilidad del suelo, C-01*

<b>ENSAYO DE PERMEABILIDAD C-01</b>									
Altura de Agua en Pozo (m) = 0.15					Diámetro de Pozo (m) = 0.30				
Fecha	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Parcial (seg)	Altura Descenso (m)	Altura Agua (cm)	h1/h2	D/2* ln(h1/h2)	(t2 - t1)	2(t2 - t1)	Coefficiente Permeabilidad K (cm/seg)
09/11/2016	0	0	0.000	0.150	1.034	0.005	180	360	1.41E-07
	3	180	0.005	0.145	1.028	0.004	120	240	1.75E-07
	5	300	0.009	0.141	1.029	0.004	180	360	1.20E-07
	8	480	0.013	0.137	1.022	0.003	120	240	1.38E-07
	10	600	0.016	0.134	1.023	0.003	120	240	1.42E-07
	12	720	0.019	0.131	1.031	0.005	180	360	1.29E-07
	15	900	0.023	0.127					
Promedio de Coeficiente de Permeabilidad K (cm/seg)									<b>1.41E-07</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15***Ensayo de permeabilidad del suelo, C-02*

<b>ENSAYO DE PERMEABILIDAD C-02</b>									
Altura de Agua en Pozo (m) = 0.15					Diámetro de Pozo (m) = 0.30				
Fecha	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Parcial (seg)	Altura Descenso (m)	Altura Agua (cm)	h1/h2	D/2* ln(h1/h2)	(t2 - t1)	2(t2 - t1)	Coefficiente Permeabilidad K (cm/seg)
09/11/2016	0	0	0.000	0.150	1.027	0.004	180	360	1.13E-07
	3	180	0.004	0.146	1.028	0.004	120	240	1.74E-07
	5	300	0.008	0.142	1.022	0.003	180	360	8.90E-08
	8	480	0.011	0.139	1.022	0.003	120	240	1.36E-07
	10	600	0.014	0.136	1.023	0.003	120	240	1.39E-07
	12	720	0.017	0.133	1.023	0.003	180	360	9.51E-08
	15	900	0.020	0.130					
Promedio de Coeficiente de Permeabilidad K (cm/seg)									<b>1.24E-07</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16***Ensayo de permeabilidad del suelo, C-03*

ENSAYO DE PERMEABILIDAD C-03									
	Altura de Agua en Pozo (m) = 0.15				Diámetro de Pozo (m) = 0.30				
Fecha	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Parcial (seg)	Altura Descenso (m)	Altura Agua (cm)	h1/h2	D/2* ln(h1/h2)	(t2 - t1)	2(t2 - t1)	Coefficiente Permeabilidad K (cm/seg)
09/11/2016	0	0	0.000	0.150	1.034	0.005	180	360	1.41E-07
	3	180	0.005	0.145	1.036	0.005	120	240	2.19E-07
	5	300	0.010	0.140	1.029	0.004	180	360	1.21E-07
	8	480	0.014	0.136	1.023	0.003	120	240	1.39E-07
	10	600	0.017	0.133	1.023	0.003	120	240	1.43E-07
	12	720	0.020	0.130	1.032	0.005	180	360	1.30E-07
	15	900	0.024	0.126					
Promedio de Coeficiente de Permeabilidad K (cm/seg)									<b>1.49E-07</b>

Fuente: Elaboración propia

**2.2.8.5.3. Intervención de la Precipitación**

La constante verificación de los niveles freáticos en las calicatas excavadas ha sido durante siete meses (noviembre de 2016 hasta mayo de 2017) en 7 fechas distintas, abarcando de esta manera el periodo de lluvia, en el que la posición del agua varía notablemente.

A continuación, se presenta la cantidad de precipitación (mm/mes) caída sobre nuestra zona de intervención durante el periodo de estudio:

**Tabla 17***Precipitación durante el período de estudio (Estación Picota)*

Estación: PICOTA				
<b>Departamento:</b>	SAN MARTIN		<b>Provincia:</b>	PICOTA
<b>Latitud:</b>	6°55'11.61"		<b>Longitud:</b>	76°19'48.77"
<b>Tipo:</b>	PLU - Meteorológica		<b>Código:</b>	106095
<b>Distrito:</b>	PICOTA		<b>Altitud:</b>	220 msnm.
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN
	MAX	MIN		(mm/mes) TOTAL
Nov-16				12.9
Dic-16				39.4
Ene-17				126.7
Feb-17				137.1
Mar-17				61.1
Abr-17				64.3
May-17				54.7

Fuente: Elaboración propia (Referencia: SENAMHI)

**Tabla 18***Resultados de la variación del nivel freático con la precipitación, C-01*

<b>Monitoreo del Nivel Freático C-01</b>					
<b>Departamento:</b>	San Martín		<b>Latitud:</b>	6°50'48.52"	
<b>Provincia:</b>	Picota		<b>Longitud:</b>	76°20'29.69"	
<b>Distrito:</b>	Pucacaca		<b>Altitud:</b>	213 msnm	
<b>Sector:</b>	AA. VV. César Ruiz Reátegui		<b>Tipo Suelo:</b>	CL	A-6 (6)
<b>Fecha</b>	<b>Días</b>	<b>Días Acumulados</b>	<b>Altura N. F. (m)</b>	<b>Variación (m)</b>	<b>Velocidad (m/día)</b>
09/11/2016	0	0	-1.50		0
11/12/2016	32	32	-1.41	0.09	0.0028
09/01/2017	29	61	-1.18	0.23	0.0079
12/02/2017	34	66	-1.16	0.02	0.0006
12/03/2017	28	89	-1.36	0.20	0.0071
13/04/2017	32	98	-1.36	0.00	0.0000
14/05/2017	31	129	-1.40	0.04	0.0013
Amplitud de las Fluctuaciones del N.F.			<b>0.34</b>		
Velocidad de Ascenso Promedio					<b>0.0038</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19***Resultados de la variación del nivel freático con la precipitación, C-02*

<b>Monitoreo del Nivel Freático C-02</b>					
<b>Departamento:</b>	San Martín		<b>Latitud:</b>	6°50'41.75"	
<b>Provincia:</b>	Picota		<b>Longitud:</b>	76°20'24.20"	
<b>Distrito:</b>	Pucacaca		<b>Altitud:</b>	213 msnm	
<b>Sector:</b>	AA. VV. César Ruiz Reátegui		<b>Tipo Suelo:</b>	CL	A-7-6 (10)
<b>Fecha</b>	<b>Días</b>	<b>Días Acumulados</b>	<b>Altura N. F. (m)</b>	<b>Variación (m)</b>	<b>Velocidad (m/día)</b>
09/11/2016	0	0	-1.20		0
11/12/2016	32	32	-1.11	0.09	0.0028
09/01/2017	29	61	-0.88	0.23	0.0079
12/02/2017	34	66	-0.87	0.01	0.0003
12/03/2017	28	89	-1.07	0.20	0.0071
13/04/2017	32	98	-1.06	0.01	0.0003
14/05/2017	31	129	-1.09	0.03	0.0010
Amplitud de las Fluctuaciones del N.F.			<b>0.33</b>		
Velocidad de Ascenso Promedio					<b>0.0037</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20**

*Resultados de la variación del nivel freático con la precipitación, C-03*

<b>Monitoreo del Nivel Freático C-03</b>					
<b>Departamento:</b>	San Martín	<b>Latitud:</b>	6°50'35.31"		
<b>Provincia:</b>	Picota	<b>Longitud:</b>	76°20'21.57"		
<b>Distrito:</b>	Pucacaca	<b>Altitud:</b>	213 msnm		
<b>Sector:</b>	AA. VV. César Ruiz Reátegui	<b>Tipo Suelo:</b>	CL	A-7-6 (11)	
<b>Fecha</b>	<b>Días</b>	<b>Días Acumulados</b>	<b>Altura N. F. (m)</b>	<b>Variación (m)</b>	<b>Velocidad (m/día)</b>
09/11/2016	0	0	-1.30		0
11/12/2016	32	32	-1.24	0.06	0.0019
09/01/2017	29	61	-0.99	0.25	0.0086
12/02/2017	34	66	-0.97	0.02	0.0006
12/03/2017	28	89	-1.17	0.20	0.0071
13/04/2017	32	98	-1.17	0.00	0.0000
14/05/2017	31	129	-1.19	0.02	0.0006
Amplitud de las Fluctuaciones del N.F.			<b>0.33</b>		
Velocidad de Ascenso Promedio					<b>0.0037</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **2.2.8.6. Contenido de Humedad del Suelo**

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco. El presente ensayo se realizó de acuerdo a la NTP. 339.127. A continuación, se describe los equipos y procedimiento seguido para su obtención.

Según (Bowles, 1981)

#### **Equipo**

- Recipientes para humedad (aluminio o latón)
- Horno con control de temperatura adecuado.

#### **Procedimiento**

1. Pesar una cápsula o recipiente de aluminio o latón, incluyendo su tapa. Identificar y revisar adecuadamente el recipiente. Las cápsulas de humedad normalmente pueden ser de diferentes tamaños, siendo las más populares las de 5 cm de diámetro por 3 cm de altura y las de 6.4 cm de diámetro por 4.4 cm de altura.
2. Colocar una muestra representativa de suelo húmedo en la cápsula y determinar el peso del recipiente más el del suelo húmedo. Si el peso se determina inmediatamente, no es necesario colocar la tapa. Si se presenta una demora de 3 a 5 minutos o más, coloque la tapa del recipiente para mantener la humedad y coloque la cápsula bajo

una toalla de papel húmeda que le permita mantener la humedad en la vecindad del recipiente.

3. Después de pesar la muestra húmeda más el recipiente, remueva la tapa (es práctica común colocar la tapa debajo del recipiente) y coloque la muestra en el horno.
4. Cuando la muestra se haya secado hasta mostrar un peso constante, determine el peso del recipiente más el del suelo seco. Asegúrese de usar la misma balanza para todas las mediciones de peso.
5. Calcule el contenido de humedad  $\omega$ . La diferencia entre el peso de suelo húmedo más el del recipiente y el peso de suelo seco más el del recipiente es el peso del agua  $W_w$  que estaba presente en la muestra. La diferencia entre el peso de suelo seco más el del recipiente y el peso del recipiente solo es el peso del suelo  $W_s$  y

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \text{ por ciento.}$$



**Figura 34:** Colocación de muestras de suelo en horno de secado. (Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 21***Cálculo del contenido de humedad, antes del nivel freático C-01*

<b>Contenido de Humedad - Antes del Nivel Freático (C-01)</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso del recipiente (gr)	99.88	98.50	105.17	104.43
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	450.15	495.60	476.13	495.60
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	381.20	416.30	402.15	420.00
Peso del agua (gr)	68.95	79.30	73.98	75.60
Peso del suelo seco (gr)	281.32	317.80	296.98	315.57
Contenido de humedad (%)	24.51	24.95	24.91	23.96
Promedio de Contenido de Humedad (%)	<b>24.58</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22***Cálculo del contenido de humedad, después del nivel freático C-01*

<b>Contenido de Humedad - Después del Nivel Freático (C-01)</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Peso del recipiente (gr)	99.80	102.20	108.50	106.25
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	505.50	491.60	495.00	492.36
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	398.80	389.40	393.10	390.70
Peso del agua (gr)	106.70	102.20	101.90	101.66
Peso del suelo seco (gr)	299.00	287.20	284.60	284.45
Contenido de humedad (%)	35.69	35.58	35.80	35.74
Promedio de Contenido de Humedad (%)	<b>35.70</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23***Cálculo del contenido de humedad, antes del nivel freático C-02*

<b>Contenido de Humedad - Antes del Nivel Freático (C-02)</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Peso del recipiente (gr)	102.30	98.50	107.10	98.60
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	440.20	460.30	480.60	451.90
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	382.30	398.40	416.20	390.90
Peso del agua (gr)	57.90	61.90	64.40	61.00
Peso del suelo seco (gr)	280.00	299.90	309.10	292.30
Contenido de humedad (%)	20.68	20.64	20.83	20.87
Promedio de Contenido de Humedad (%)	<b>20.76</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24***Cálculo del contenido de humedad, después del nivel freático C-02*

<b>Contenido de Humedad - Después del Nivel Freático (C-02)</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>
Peso del recipiente (gr)	99.30	101.30	98.50	103.20
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	489.90	471.00	483.80	465.10
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	399.00	385.30	394.20	380.90
Peso del agua (gr)	90.90	85.70	89.60	84.20
Peso del suelo seco (gr)	299.70	284.00	295.70	277.70
Contenido de humedad (%)	30.33	30.18	30.30	30.32
Promedio de Contenido de Humedad (%)	<b>30.28</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25***Cálculo del contenido de humedad, antes del nivel freático C-03*

<b>Contenido de Humedad - Antes del Nivel Freático (C-03)</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>
Peso del recipiente (gr)	99.88	98.50	105.17	104.43
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	443.90	455.26	495.00	473.80
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	376.00	385.10	419.30	401.00
Peso del agua (gr)	67.90	70.16	75.70	72.80
Peso del suelo seco (gr)	276.12	286.60	314.13	296.57
Contenido de humedad (%)	24.59	24.48	24.10	24.55
Promedio de Contenido de Humedad (%)	<b>24.43</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26***Cálculo del contenido de humedad, después del nivel freático C-03*

<b>Contenido de Humedad - Después del Nivel Freático (C-03)</b>				
<b>Recipiente N°</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>
Peso del recipiente (gr)	100.70	105.67	106.20	99.70
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	465.20	473.26	490.00	489.90
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	377.20	385.10	398.20	397.40
Peso del agua (gr)	88.00	88.16	91.80	92.50
Peso del suelo seco (gr)	276.50	279.43	292.00	297.70
Contenido de humedad (%)	31.83	31.55	31.44	31.07
Promedio de Contenido de Humedad (%)	<b>31.47</b>			

Fuente: Elaboración propia

**2.2.8.7. Análisis Granulométrico**

“El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelos dada” (Bowles, 1981). A continuación, se describe a detalle los equipos y el procedimiento utilizado en la ejecución del ensayo, teniendo como base la Norma NTP 339.134.

## Equipo

- Juego de tamices normalizados (N°: 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200)
- Balanza de 20 kg. o más de sensibilidad 1gr.
- Balanza de 2000 gr. de sensibilidad 0.1gr.
- Horno de secado
- Vibrador mecánico
- Bandeja metálica, recipientes plásticos y escobilla

## Procedimiento

En el ítem *1.8.2.3.3 Granulometría* se describe detalladamente los pasos a seguir para este ensayo.



**Figura 35:** Ensayo de clasificación granulométrica del suelo. (Fuente: Elaboración propia).

**Tabla 27***Análisis granulométrico por tamizado, C-01*

<b>Tamices</b>		<b>Peso Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
<b>(<math>\phi</math>)</b>	<b>(mm)</b>				
Tamiz 3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Tamiz 1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 5	2.380	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 10	2.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 16	1.190	0.06	0.02%	0.02%	99.98%
N° 20	0.840	0.05	0.02%	0.03%	99.97%
N° 30	0.590	0.11	0.03%	0.07%	99.93%
N° 40	0.426	0.16	0.05%	0.12%	99.88%
N° 50	0.297	0.26	0.08%	0.20%	99.80%
N° 60	0.250	0.21	0.07%	0.27%	99.73%
N° 80	0.177	0.62	0.20%	0.46%	99.54%
N° 100	0.149	0.51	0.16%	0.62%	99.38%
N° 200	0.074	5.50	1.73%	2.36%	97.64%
Fondo	0.010	309.62	97.64%	100.00%	0.00%
Total		317.10			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28***Análisis granulométrico por tamizado, C-02*

<b>Tamices</b>		<b>Peso Retenido</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
<b>(<math>\phi</math>)</b>	<b>(mm)</b>				
Tamiz 3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Tamiz 1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.760	7.30	2.34%	2.34%	97.66%
N° 5	2.380	3.20	1.02%	3.36%	96.64%
N° 10	2.000	0.70	0.22%	3.58%	96.42%
N° 16	1.190	2.30	0.74%	4.32%	95.68%
N° 20	0.840	1.40	0.45%	4.77%	95.23%
N° 30	0.590	2.10	0.67%	5.44%	94.56%
N° 40	0.426	3.00	0.96%	6.40%	93.60%
N° 50	0.297	8.10	2.59%	8.99%	91.01%
N° 60	0.250	16.10	5.15%	14.14%	85.86%
N° 80	0.177	36.30	11.62%	25.76%	74.24%
N° 100	0.149	4.40	1.41%	27.17%	72.83%
N° 200	0.074	27.40	8.77%	35.94%	64.06%
Fondo	0.010	200.20	64.06%	100.00%	0.00%
Total		312.50			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29***Análisis granulométrico por tamizado, C-03*

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
( $\phi$ )	(mm)				
Tamiz 3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Tamiz 1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 5	2.380	0.30	0.09%	0.09%	99.91%
N° 10	2.000	0.10	0.03%	0.12%	99.88%
N° 16	1.190	0.70	0.21%	0.34%	99.66%
N° 20	0.840	0.90	0.28%	0.61%	99.39%
N° 30	0.590	1.50	0.46%	1.07%	98.93%
N° 40	0.426	2.70	0.83%	1.90%	98.10%
N° 50	0.297	8.30	2.55%	4.45%	95.55%
N° 60	0.250	27.90	8.57%	13.02%	86.98%
N° 80	0.177	33.70	10.35%	23.37%	76.63%
N° 100	0.149	2.60	0.80%	24.16%	75.84%
N° 200	0.074	14.10	4.33%	28.49%	71.51%
Fondo	0.010	232.90	71.51%	100.00%	0.00%
Total		325.70			

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.8.8. Límites de Atterberg

#### 2.2.8.8.1. Límite Líquido

El presente ensayo de laboratorio se desarrolló teniendo en consideración la NTP 339.129 y la Norma ASTM 423-66. En el ítem **1.8.2.5.2 Límites de Atterberg** se vio la introducción del ensayo, y a continuación se describirá los equipos y procedimientos de ejecución:

Según (Martínez Quiroz, 2006)

#### Equipo

- Aparato del Límite Líquido (Copa de Casagrande).
- Acanalador (Casagrande o ASTM).
- Plato de evaporación de porcelana de 120mm. de diámetro.
- Espátula hoja flexible de 20mm. de ancho y 70mm. de largo.
- Horno de secado.
- Balanza de precisión de 0,01gr.
- Placas de vidrio, agua destilada, recipientes herméticos, malla N° 40 ASTM y probeta de 25ml de capacidad.

## Procedimiento

1. Pulverizar una cantidad suficiente de suelo secado al aire (de una muestra de 5 Kg. Puesta a secar la semana anterior), para obtener una muestra representativa del material que pasa la malla N° 40, aproximadamente de 250gr. En seguida se pone a la muestra en el plato de evaporación agregándole suficiente cantidad de agua destilada, mezclando con la espátula hasta lograr una pasta homogénea. Esta muestra debe curarse durante el tiempo que sea necesario para lograr una adecuada distribución de la humedad.
2. Luego se debe verificar que la altura de la máquina que va utilizar sea exactamente de 1cm. Para esta operación se puede utilizar la cabeza en forma de dado de 1cm en el extremo superior del ranurador patrón. Hacer la calibración con respecto a la marca de desgaste. Si la altura de caída no se calibra dentro de estos límites, es posible introducir un error de varias unidades %, en la determinación del contenido de humedad.
3. Colocar el aparato de límite líquido sobre una base firme (verificando que esté limpia y seca). Preparar el material, cuando la mezcla obtenga una apariencia cremosa, su estado es adecuado en general. Se debe continuar añadiendo pequeñas cantidades adicionales de agua mezclando cada vez hasta obtener una mezcla homogénea. Cuando el suelo se encuentre en un punto de consistencia (pegosidad). se deposita en la copa unos 50 a 70 gr. del material preparado, para luego alisarla superficie con la espátula, de modo que la altura obtenida en el centro sea de 10mm. y la masa ocupe un volumen de  $16 \text{ cm}^3$  aproximadamente. Una vez enrasado, se pasa el acanalador para dividir la pasta en dos partes, a través de un canal de 63mm. de longitud. Si se presentan desprendimientos de la pasta en el fondo de la copa, se debe retirar todo el material y reiniciar el procedimiento.
4. Cuando se tiene la ranura, se gira la manivela del aparato con una frecuencia de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la ranura cierre en 10mm. de longitud en el fondo de ella. Finalmente, se toman aproximadamente 10gr. del material que se junta en fondo del canal para determinar la humedad.
5. El material sobrante se traslada al plato de evaporación para mezclarlo nuevamente con agua destilada y repetir el procedimiento por lo menos 2 veces más, de modo de obtener tres puntos que varíen en un rango de 15 a 35 golpes (ideal es tomar 5

puntos). Es importante señalar que el ensayo se debe realizar desde la condición más húmeda al a más seca.

6. Calcular la humedad de cada prueba.
7. Construir un gráfico semilogarítmico, donde la humedad será la ordenada (en escala natural) y el número de golpes (N), la abscisa. En el gráfico, dibujar los puntos correspondientes a cada una de las tres o más pruebas y construir una recta llamada curva de flujo, pasando tan aproximadamente como sea posible por dichos puntos.
8. Expresar el límite líquido (LL) del suelo, como la humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la abscisa en 25 golpes, aproximando al entero más próximo. Este dato también puede interpolarse matemáticamente con  $N=25$  golpes, obteniendo así el límite líquido.

#### **2.2.8.8.2. Límite Plástico**

Para este ensayo se tuvo en consideración la Norma ASTM D424-59. En el ítem **1.8.2.5.2 Límites de Atterberg** se vio la introducción del ensayo, y a continuación se describirá los equipos y procedimientos de ejecución:

Según (Martínez Quiroz, 2006)

#### **Equipo**

1. Plato de evaporación de porcelana de 120mm. de diámetro.
2. Espátula hoja flexible 20mm. de ancho y 70mm. de largo.
3. Placa de vidrio esmerilado o mármol como superficie de amasado.
4. Horno de secado.
5. Patrón de comparación, puede usarse un alambre o plástico de 3mm. de diámetro.
6. Balanza de precisión de 0, 01gr.
7. Probeta de 25mm. de capacidad.
8. Malla N °40 ASTM, agua destilada y recipientes herméticos.

#### **Procedimiento**

1. La muestra de ensayo se prepara de manera idéntica a la descrita en el límite líquido, o bien puede usarse la misma muestra que se usó en ese ensayo, en la etapa en que la pasta de suelo se vuelva lo suficientemente plástica para moldearla como una esfera.
2. Se toma una porción de suelo de aproximadamente 1cm<sup>3</sup>, se amasa entre las manos y se hace rodar con la palma de la mano o la base del pulgar considerando la acción de 80 a 90 movimientos de la mano por minuto (un golpe = movimiento hacia delante

y hacia atrás), por sobre la superficie de amasado, formando un cilindro. Cuando se alcance un diámetro aproximado a 3mm. se dobla y amasa nuevamente, para volver a formar el cilindro, lo que se repite hasta que el cilindro se disgregue al llegar al diámetro de 3mm. en trozos de tamaño de 0,5 a 1cm. de largo y no pueda ser reamasado ni reconstituido.

3. El contenido de humedad que tiene el suelo en ese momento representa el límite plástico, el cual se determina colocando las fracciones de suelo en un recipiente, secándolas al horno.
4. Se deben hacer tres determinaciones que no difieran entre sí en más de 2%, en caso contrario deberá repetirse el ensayo.
5. Calcular el límite plástico (LP%) del suelo, como el promedio de las tres determinaciones realizadas.



**Figura 36:** Ensayo de límites de Atterberg. (Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 30**

*Determinación de los límites de Atterberg, C-01*

	Límite Líquido			Límite Plástico		
	26	27	28	A	B	C
Recipiente N°						
Número de golpes	16	20	37	-	-	-
Peso del recipiente (gr)	12.06	16.73	16.86	9.32	9.50	11.00
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	60.55	65.17	62.80	20.15	21.02	23.10
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	45.56	50.34	49.18	18.15	18.92	20.90
Peso del agua (gr)	14.99	14.83	13.62	2.00	2.10	2.20
Peso del suelo seco (gr)	33.50	33.61	32.32	8.83	9.42	9.90
Contenido de humedad (%)	44.75	44.12	42.14	22.65	22.29	22.22
			<b>LL=43.40</b>		<b>LP = 22.39</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31***Determinación de los límites de Atterberg, C-02*

Recipiente N°	Límite Líquido			Límite Plástico		
	16	17	18	G	H	I
Número de golpes	14	24	34	-	-	-
Peso del recipiente (gr)	16.70	21.60	17.20	9.08	11.45	10.25
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	58.50	57.10	59.20	21.52	22.89	22.10
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	45.65	46.57	47.20	18.97	20.66	19.73
Peso del agua (gr)	12.85	10.53	12.00	2.55	2.23	2.37
Peso del suelo seco (gr)	28.95	24.97	30.00	9.89	9.21	9.48
Contenido de humedad (%)	44.39	42.17	40.00	25.78	24.21	25.00
	<b>LL = 41.79</b>			<b>LP = 25.00</b>		

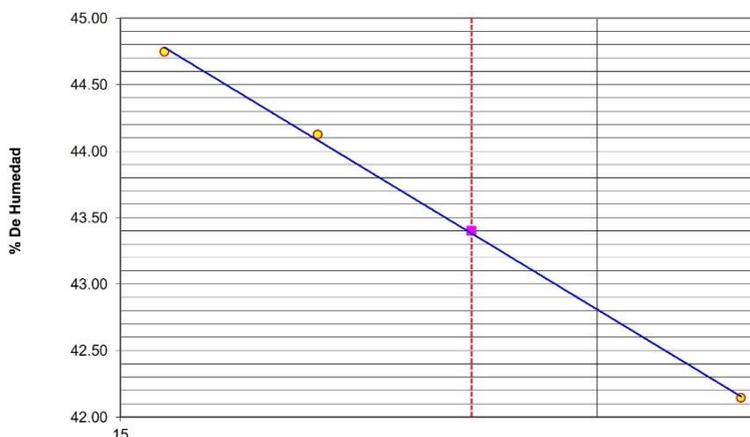
Fuente: Elaboración propia

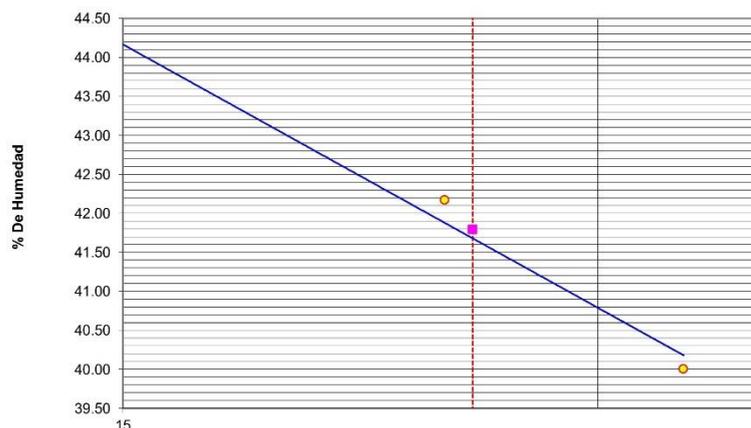
**Tabla 32***Determinación de los límites de Atterberg, C-03*

Recipiente N°	Límite Líquido			Límite Plástico		
	19	20	21	D	E	F
Número de golpes	16	20	37	-	-	-
Peso del recipiente (gr)	16.80	13.30	12.30	9.15	11.01	12.20
Peso del suelo húmedo + recipiente (gr)	53.90	48.80	49.90	20.71	21.16	24.45
Peso del suelo seco + recipiente (gr)	42.68	38.60	40.00	18.54	19.18	22.10
Peso del agua (gr)	11.22	10.20	9.90	2.17	1.98	2.35
Peso del suelo seco (gr)	25.88	25.30	27.70	9.39	8.17	9.90
Contenido de humedad (%)	43.35	40.32	35.74	23.11	24.24	23.74
	<b>LL = 39.25</b>			<b>LP = 23.69</b>		

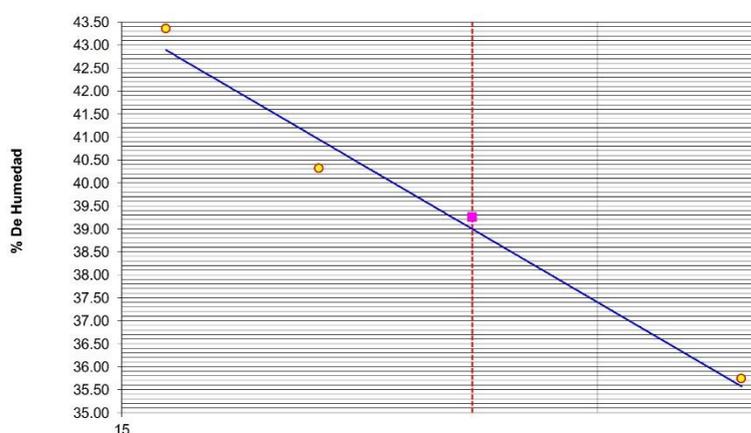
Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los Límites Líquidos se hizo uso de los diagramas de fluidez.

**Figura 37** : Diagrama de fluidez, C-01. (Fuente: Elaboración propia).



**Figura 38:** Diagrama de fluidez, C-02. (Fuente: Elaboración propia)



**Figura 39:** Diagrama de fluidez, C-03. (Fuente: Elaboración propia)

### 2.2.8.9. Ensayo de Corte Directo

Para la ejecución del presente ensayo tuvimos en consideración la NTP 339.171 y la Norma ASTM D380. En el ítem **1.8.2.7 Esfuerzo de Corte en los Suelos** de las bases teóricas, se ha hecho una breve reseña del esfuerzo de corte en los suelos. A continuación, se describe los equipos y procedimientos que se han seguido para su ejecución.

(Martínez Quiroz, 2006)

#### Equipo

- Máquina de corte directo.
- Cajas de corte.
- Dos balanzas, una de 0,1 gr. de precisión; la otra de 0,01 gr.
- Horno de secado.
- Cámara húmeda.

- Equipo para compactar las probetas remoldeadas, diales de deformación, agua destilada, espátulas, cuchillas, enrasador, cronómetro, regla metálica, recipientes para determinar humedad, grasa.

### **Procedimiento** (suelos cohesivos)

1. Se moldean 3 o 4 probetas de una muestra de suelo inalterada, utilizando un anillo cortante para controlar el tamaño. Se ensambla la caja de corte, se saturan las piedras porosas y se mide la caja para calcular el área (A) de la muestra. Se coloca la muestra en la caja de corte, las piedras porosas y el pistón de carga sobre el suelo, la carga normal  $P_v$  y se ajusta el deformímetro vertical. Para un ensayo consolidado es necesario controlar el deformímetro vertical igual que en el ensayo de consolidación para determinar cuando la consolidación haya terminado.
2. Luego, se separan las mitades de las cajas de corte dejando una pequeña separación y se empalma la cabeza de carga, asegurando que la carga normal refleje la fuerza normal más el peso del bloque de carga y la mitad superior de la caja de corte. Se acopla el deformímetro de deformación cortante y se fija en cero tanto el deformímetro horizontal como vertical (en ensayos saturados se llena la caja con agua y se espera la saturación de la muestra). Aplicar la carga de corte tomando lecturas del deformímetro de carga, de desplazamientos de corte y verticales (cambios de volumen). En ensayos de deformación controlada, las lecturas se toman a desplazamientos horizontales de 5, 10 y cada 10 o 20 unidades.
3. La tasa de deformación unitaria debe ser la misma que en el caso anterior (no más de 2 mm/min.) y tal que falle entre 5 a 10 minutos, a menos que el ensayo sea consolidado drenado. La velocidad de deformación para este último, debería ser tal que el tiempo para que ocurra la falla ( $t_f$ ) sea:  $t_f = 50 * t_{50}$ , donde  $t_{50}$  es el tiempo necesario para que ocurra el 50 % de la consolidación bajo la carga normal  $P_v$ .
4. Al finalizar el ensayo, se remueve el suelo y se toman muestras para determinar el contenido de humedad. El procedimiento se repetirá para las muestras adicionales.
5. Se grafican en escala natural las curvas de deformación, donde la ordenada será la deformación horizontal y la abscisa el tiempo necesario de las distintas probetas. Se obtiene la máxima deformación horizontal. Con los valores de carga vertical y tangencial se calcula la tensión tangencial y la tensión normal.

6. Gráficamente se pueden obtener el esfuerzo cortante ( $\tau$ ) y el esfuerzo normal ( $\sigma_v$ ).
7. Con los datos de  $\tau$  y  $\sigma_v$  de cada una de las probetas, se traza la recta intrínseca y de ella se obtiene  $c$  y  $\phi$ , donde  $c$  es la ordenada de la recta hasta el eje de las abscisas y  $\phi$  el ángulo que forma la horizontal con la recta intrínseca.



**Figura 40:** Ensayo de corte directo. (Fuente: Elaboración propia)

#### **2.2.8.10. Capacidad Portante**

Con los parámetros obtenidos en campo y en laboratorio, se procedió al cálculo de las capacidades portantes de los suelos en estudio teniendo en consideración los contenidos bibliográficos, vistos ampliamente en el ítem **1.8.2.10 Cimentaciones Superficiales – Capacidad de Carga Última** de las bases teóricas.

**Tabla 33***Determinación de la capacidad portante, C-01 sin nivel freático*

<b>Calicata C-01 (Sin Nivel Freático)</b>			
<b>Datos de Laboratorio</b>		<b>Tabla de Factores</b>	
Cohesión (tn/m <sup>2</sup> ) = 3.50		Nc' = 8.96	
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ) = 13.00		Nq' = 2.38	
Densidad Natural (tn/m <sup>3</sup> ) = 1.84		Ny' = 0.42	
		Fs =	3.00
<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>	<b>qadm (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1.00	1.60	11.50	1.15
2.00	1.60	11.60	1.16
1.00	2.00	12.09	1.21
2.00	2.00	12.19	1.22

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34***Determinación de la capacidad portante, C-01 con nivel freático*

<b>Calicata C-01 (Con Nivel Freático)</b>						
<b>Datos de Laboratorio</b>				<b>Tabla de Factores</b>		
Cohesión (tn/m <sup>2</sup> ) = 3.50				Nc' = 8.96		
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ) = 13.00				Nq' = 2.38		
Peso Esp. Sat. (tn/m <sup>3</sup> ) = 1.84				Ny' = 0.42		
Peso Esp. Agua (tn/m <sup>3</sup> ) = 1.00				Fs = 3.00		
<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>q (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1.00	1.60	1.50	0.10	2.84	11.37	1.14
2.00	1.60	1.50	0.10	2.84	11.41	1.14
1.00	2.00	1.50	0.50	3.18	11.63	1.16
2.00	2.00	1.50	0.50	3.18	11.68	1.17

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35***Determinación de la capacidad portante, C-02 sin nivel freático*

<b>Calicata C-02 (Sin Nivel Freático)</b>			
<b>Datos de Laboratorio</b>		<b>Tabla de Factores</b>	
Cohesión (tn/m <sup>2</sup> ) = 3.40		Nc' = 9.67	
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ) = 14.00		Nq' = 2.55	
Peso Específico (tn/m <sup>3</sup> ) = 1.96		Ny' = 0.48	
		Fs =	3.00
<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>	<b>qadm (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1.00	1.60	12.29	1.23
2.00	1.60	12.42	1.24
1.00	2.00	12.96	1.30
2.00	2.00	13.08	1.31

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36***Determinación de la capacidad portante, C-02 con nivel freático*

<b>Calicata C-02 (Con Nivel Freático)</b>						
<b>Datos de Laboratorio</b>				<b>Tabla de Factores</b>		
Cohesión (tn/m <sup>2</sup> ) = 3.40				Nc' = 9.67		
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ) = 14.00				Nq' = 2.55		
Peso Esp. Sat. (tn/m <sup>3</sup> ) = 1.96				Ny' = 0.48		
Peso Esp. Agua (tn/m <sup>3</sup> ) = 1.00				Fs = 3.00		
<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>q (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1.00	1.60	1.20	0.40	2.74	11.89	1.19
2.00	1.60	1.20	0.40	2.74	11.95	1.20
1.00	2.00	1.20	0.80	3.12	12.22	1.22
2.00	2.00	1.20	0.80	3.12	12.28	1.23

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37***Determinación de la capacidad portante, C-03 sin nivel freático*

<b>Calicata C-03 (Sin Nivel Freático)</b>			
<b>Datos de Laboratorio</b>		<b>Tabla de Factores</b>	
Cohesión (tn/m <sup>2</sup> ) = 3.00		Nc' = 10.47	
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ) = 16.00		Nq' = 2.92	
Peso Específico (tn/m <sup>3</sup> ) = 2.02		Ny' = 0.67	
		Fs = 3.00	
<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>	<b>qadm (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1.00	1.60	12.40	1.24
2.00	1.60	12.58	1.26
1.00	2.00	13.19	1.32
2.00	2.00	13.37	1.34

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38***Determinación de la capacidad portante, C-03 con nivel freático*

<b>Calicata C-03 (Con Nivel Freático)</b>						
<b>Datos de Laboratorio</b>				<b>Tabla de Factores</b>		
Cohesión (tn/m <sup>2</sup> ) = 3.00				Nc' = 10.47		
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ) = 16.00				Nq' = 2.92		
Peso Esp. Sat. (tn/m <sup>3</sup> ) = 2.02				Ny' = 0.67		
Peso Esp. Agua (tn/m <sup>3</sup> ) = 1.00				Fs = 3.00		
<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>q (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1.00	1.60	1.30	0.30	2.93	12.02	1.20
2.00	1.60	1.30	0.30	2.93	12.11	1.21
1.00	2.00	1.30	0.70	3.34	12.42	1.24
2.00	2.00	1.30	0.70	3.34	12.51	1.25

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Resultados

#### 3.1.1. Monitoreo del Nivel Freático

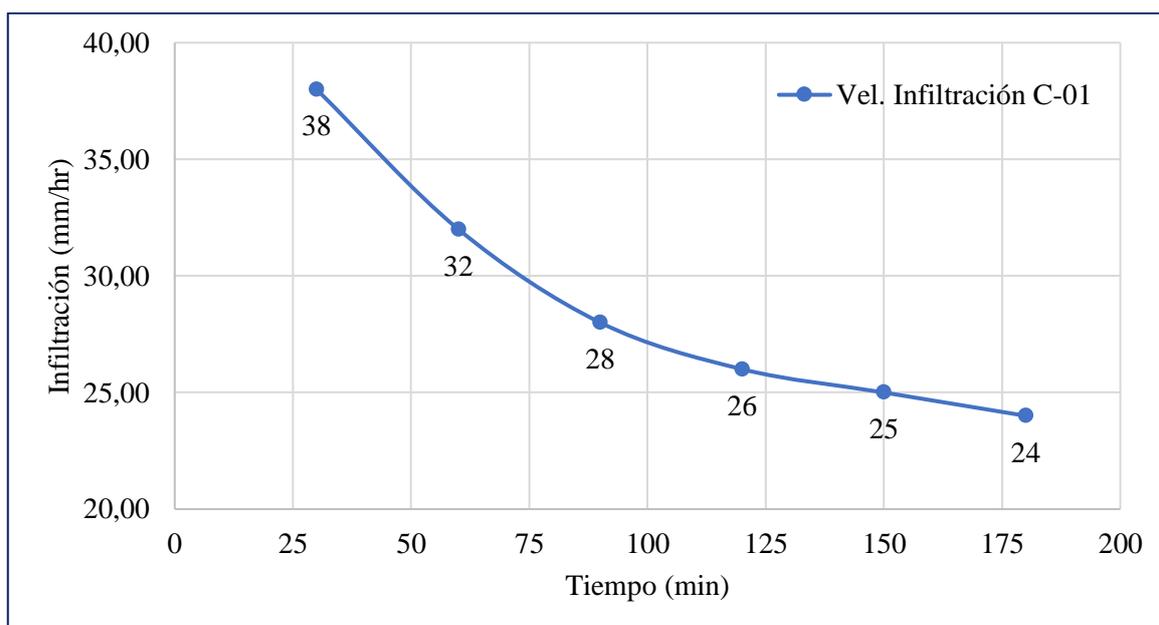
##### 3.1.1.1. Grado de infiltración del Suelo

**Tabla 39**

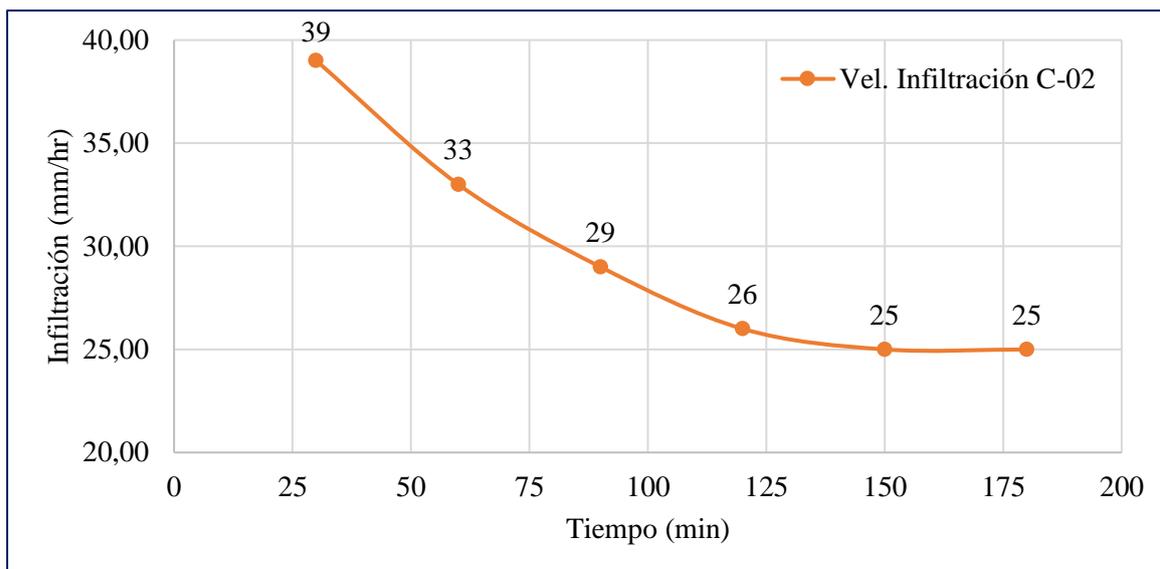
*Resultados de ensayo de infiltración*

Ensayo de Infiltración			
Calicatas	C-01	C-02	C-03
Velocidad Prom. Infiltración (mm/hr)	28.83	29.50	28.83
Capacidad de Infiltración (min/cm)	25.00	24.00	24.00
Tasa de Infiltración (lt/m <sup>2</sup> /día)	<b>5.87</b>	<b>7.32</b>	<b>7.32</b>
Clase de Infiltración del Terreno	Muy Lento	Muy Lento	Muy Lento

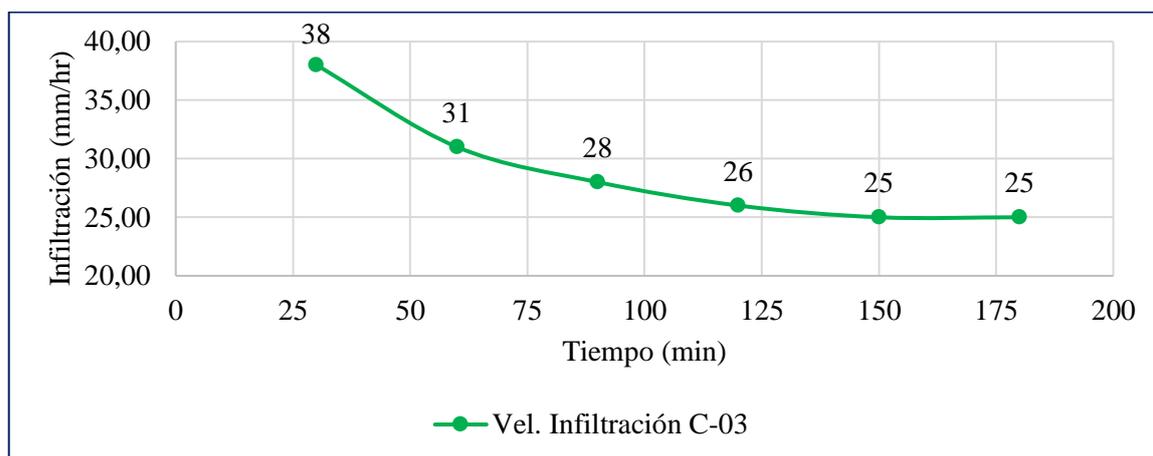
Fuente: Elaboración propia



**Figura 41:** Curva de velocidad de infiltración C-01. (Fuente: Elaboración propia)



**Figura 42:** Curva de velocidad de infiltración C-02. (Fuente: Elaboración propia)



**Figura 43:** Curva de velocidad de infiltración C-03. (Fuente: Elaboración propia).

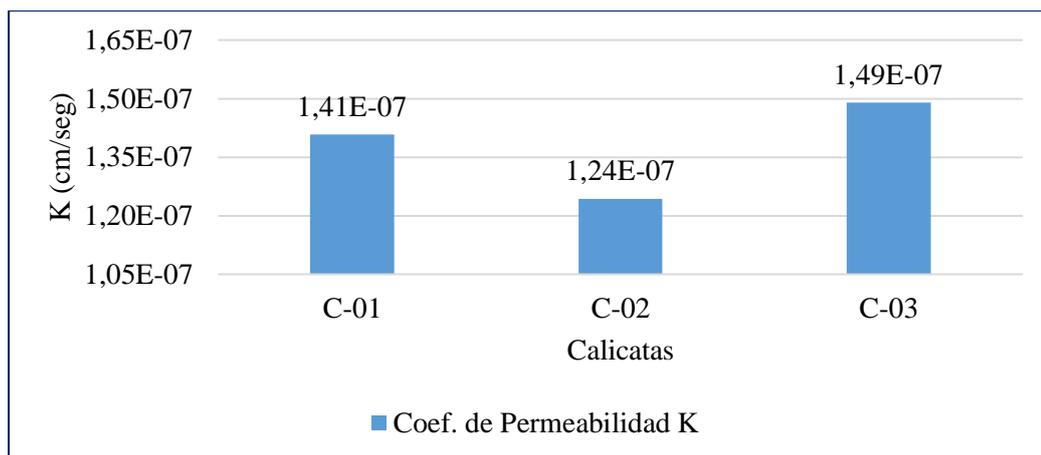
### 3.1.1.2. Grado de Permeabilidad del Suelo

**Tabla 40**

*Resultados de ensayo de permeabilidad*

Calicatas	Ensayo de Permeabilidad		
	C-01	C-02	C-03
Prom. Coeficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	1.41E-07	1.24E-07	1.49E-07
Tipo de Drenaje	Prácticamente Impermeable	Prácticamente Impermeable	Prácticamente Impermeable

Fuente: Elaboración propia



**Figura 44:** Comparativa de Coeficientes de Permeabilidad K. (Fuente: Elaboración propia)

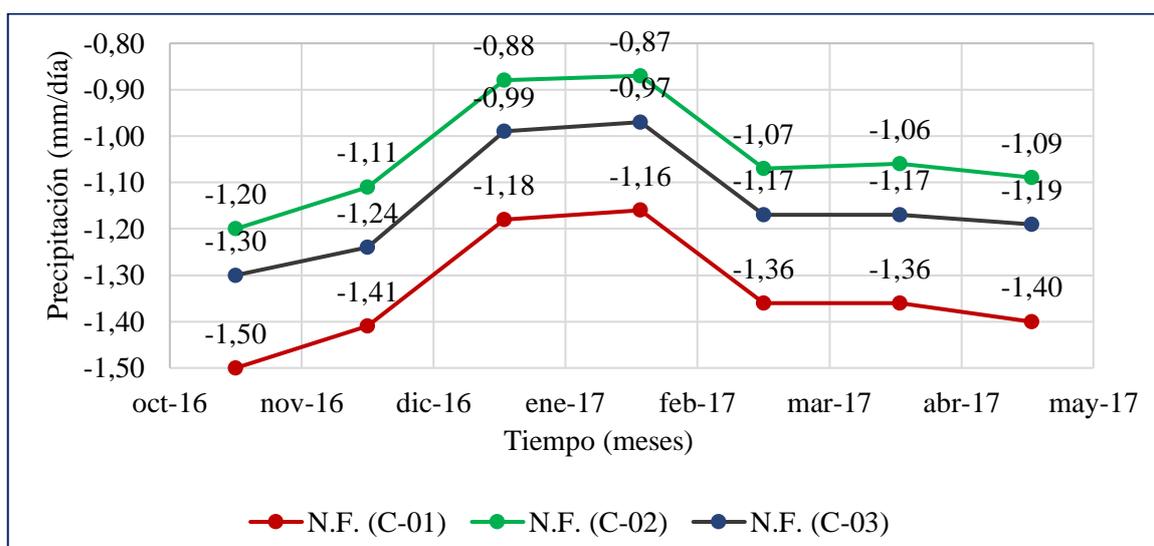
### 3.1.1.3. Influencia de la Precipitación

**Tabla 41**

*Resumen de variaciones del nivel freáticos con la precipitación*

Fecha	Precipitación (mm/mes)	Altura del Nivel Freático (m)			Tipo Velocidad
		C-01	C-02	C-03	
Nov-16	12.9	-1.500	-1.200	-1.300	Ascenso
Dic-16	39.4	-1.410	-1.110	-1.240	
Ene-17	126.7	-1.180	-0.880	-0.990	
Feb-17	137.1	-1.160	-0.870	-0.970	Descenso
Mar-17	61.1	-1.360	-1.070	-1.170	
Abr-17	64.3	-1.360	-1.060	-1.170	
May-17	54.7	-1.400	-1.090	-1.190	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 45:** Curva de variación del nivel freático en el tiempo. (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 42

Resumen de velocidades de variación del nivel freático

Fecha	Precipitación (mm/mes)	Altura del Nivel Freático (m)			Velocidad Promedio (m/día)	V <sub>prom</sub> Ascenso (m/día)	V <sub>prom</sub> Descenso (m/día)
		C-01	C-02	C-03			
Nov-16	12.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
Dic-16	39.4	0.0028	0.0028	0.0019	0.0025	0.0028	
Ene-17	126.7	0.0079	0.0079	0.0086	0.0082		
Feb-17	137.1	0.0006	0.0003	0.0006	0.0005		
Mar-17	61.1	0.0071	0.0071	0.0071	0.0071		
Abr-17	64.3	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0022	
May-17	54.7	0.0013	0.0010	0.0006	0.0010		

Fuente: Elaboración propia

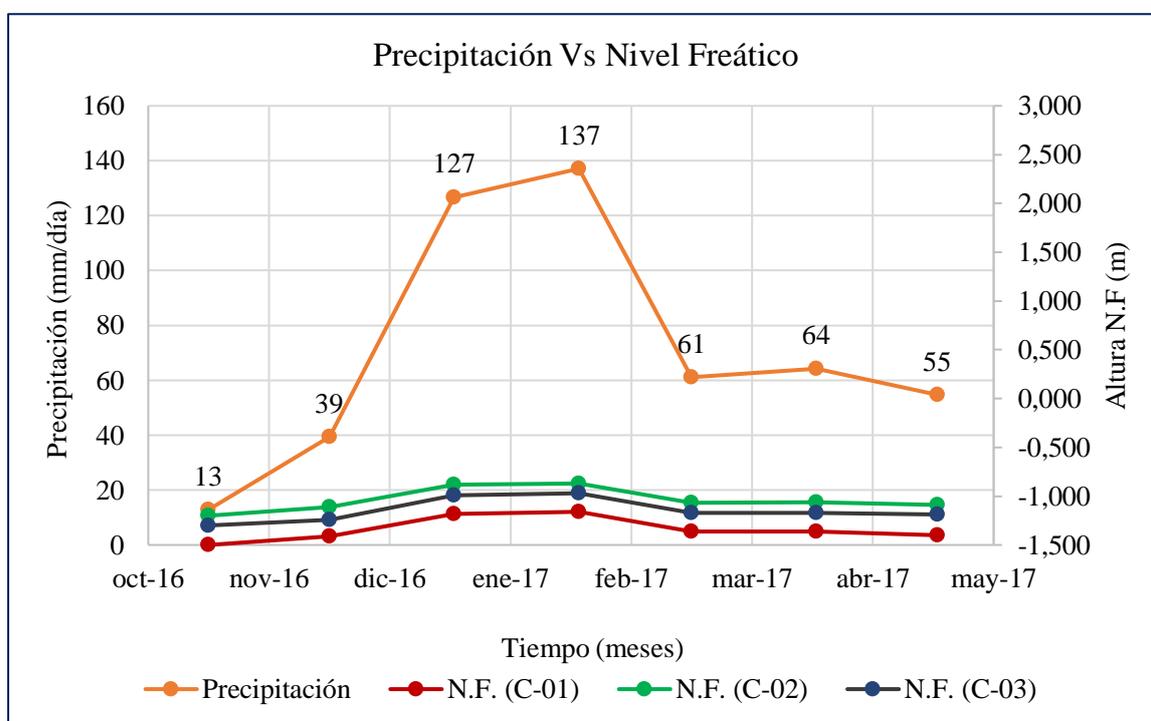


Figura 46: Curva de variación del nivel freático vs la precipitación. (Fuente: Elaboración propia)

### 3.1.2. Densidad del Suelo

Tabla 43

Resultados densidades, antes del nivel freático

Ensayo de Densidad - Antes del Nivel Freático			
Calicatas	C-01	C-02	C-03
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.47	1.62	1.63
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.96	2.02

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44***Resultados densidades, después del nivel freático*

<b>Ensayo de Densidad - Después del Nivel Freático</b>			
<b>Calicatas</b>	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>	<b>C-03</b>
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.46	1.60	1.60
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	2.08	2.08

Fuente: Elaboración propia

**3.1.3. Contenido de Humedad (NTP. 339.127)****Tabla 45***Resultados del contenido de humedad, antes del nivel freático*

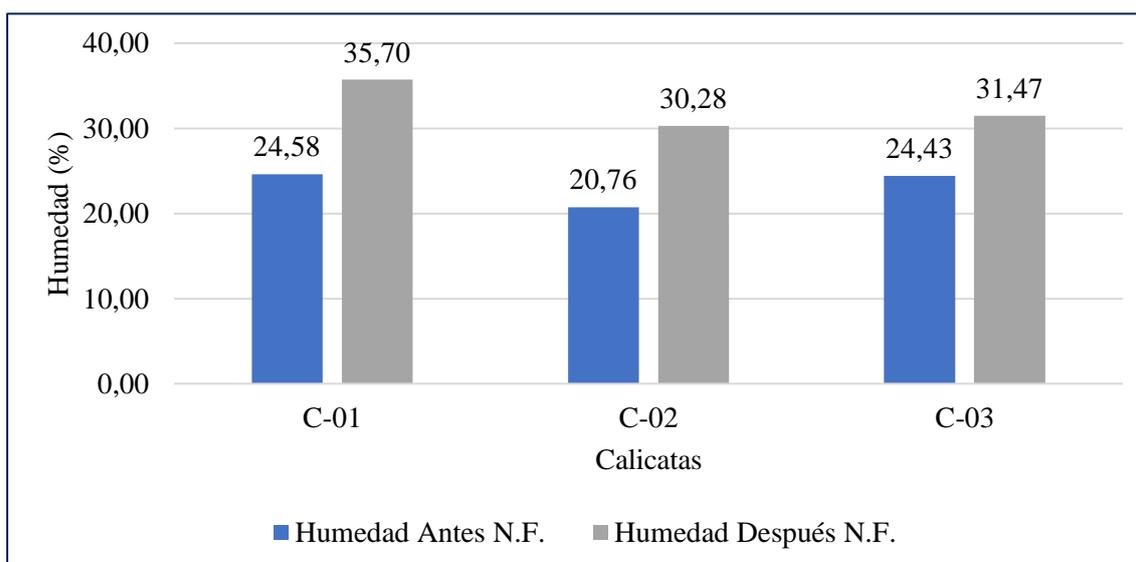
<b>Ensayo de Contenido de Humedad - Antes del Nivel Freático</b>			
<b>Calicata</b>	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>	<b>C-03</b>
Profundidad N.F.	1.50 m	1.20 m	1.30 m
Humedad (%)	24.58	20.76	24.43
Prom. Humedad (%)		<b>23.26</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46***Resultados del contenido de humedad, después del nivel freático*

<b>Ensayo de Contenido de Humedad - Después del Nivel Freático</b>			
<b>Calicata</b>	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>	<b>C-03</b>
Profundidad N.F.	1.50 m	1.20 m	1.30 m
Humedad (%)	35.70	30.28	31.47
Prom. Humedad (%)		<b>32.48</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 47:** Comparativa de humedades, antes y después del nivel freático. (Fuente: Elaboración Propia)

3.1.4. Análisis Granulométrico (NTP 339.134)

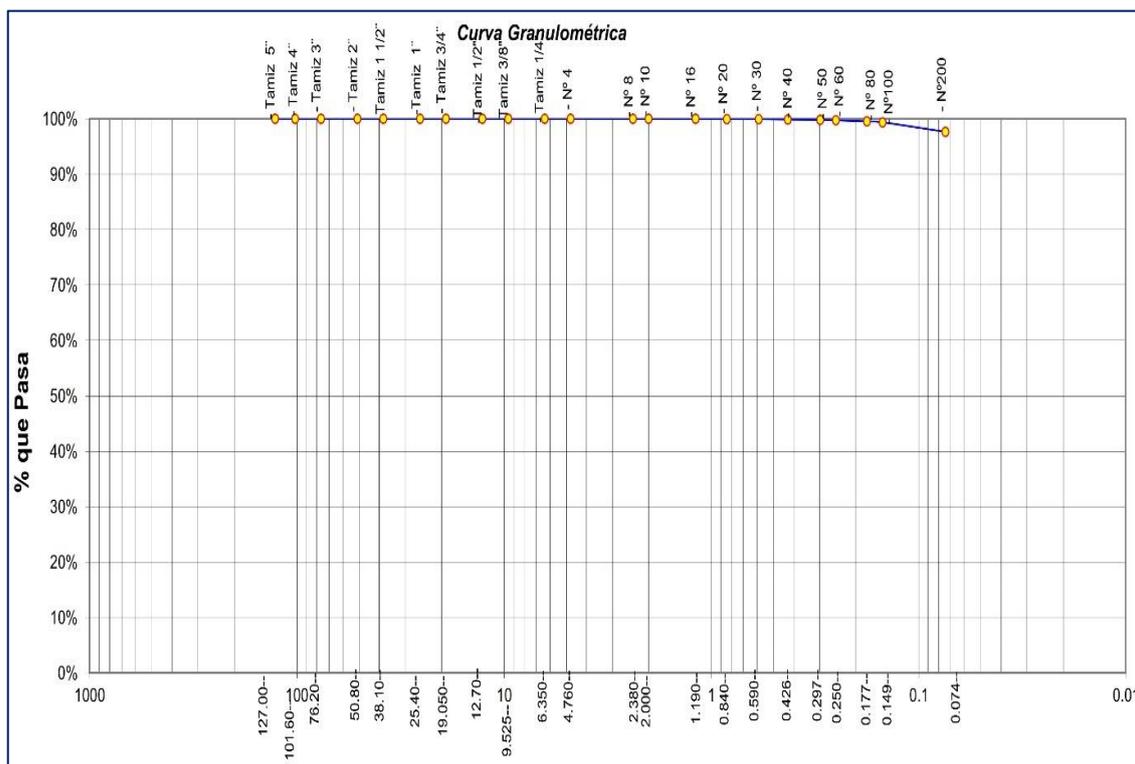


Figura 48: Curva granulométrica Calicata C-01. (Fuente: Elaboración Propia).

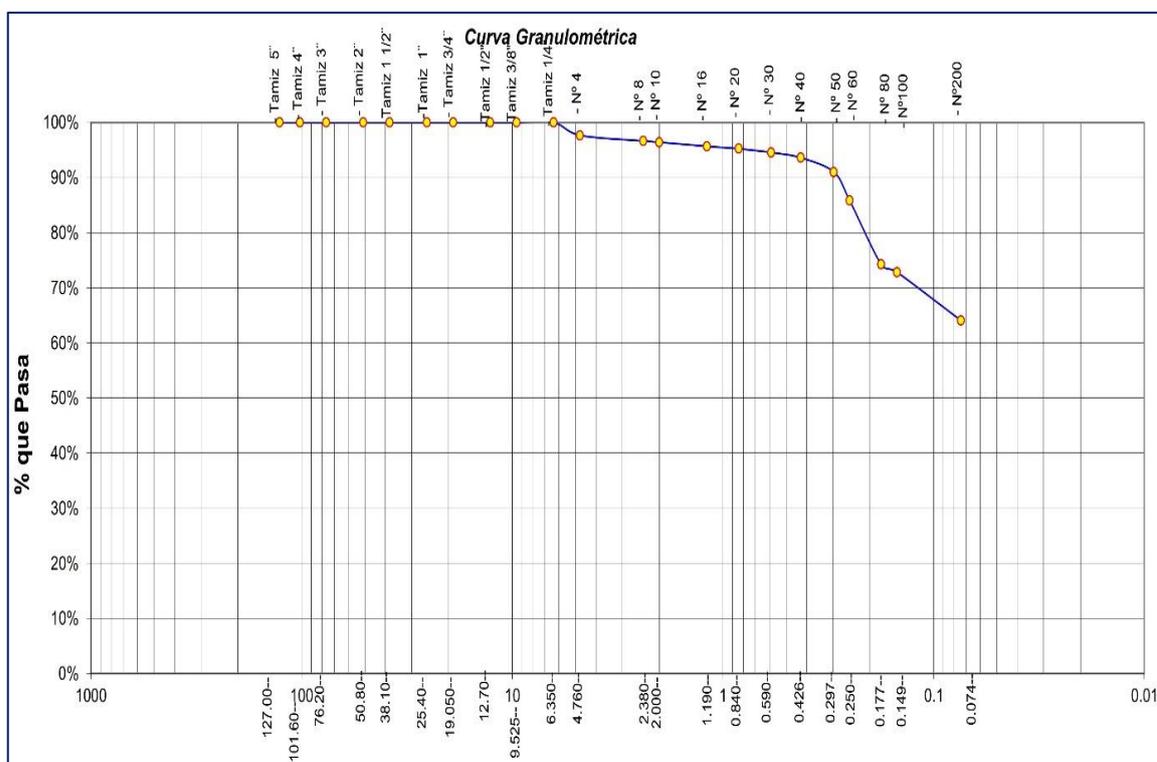


Figura 49: Curva granulométrica Calicata C-02. (Fuente: Elaboración Propia)

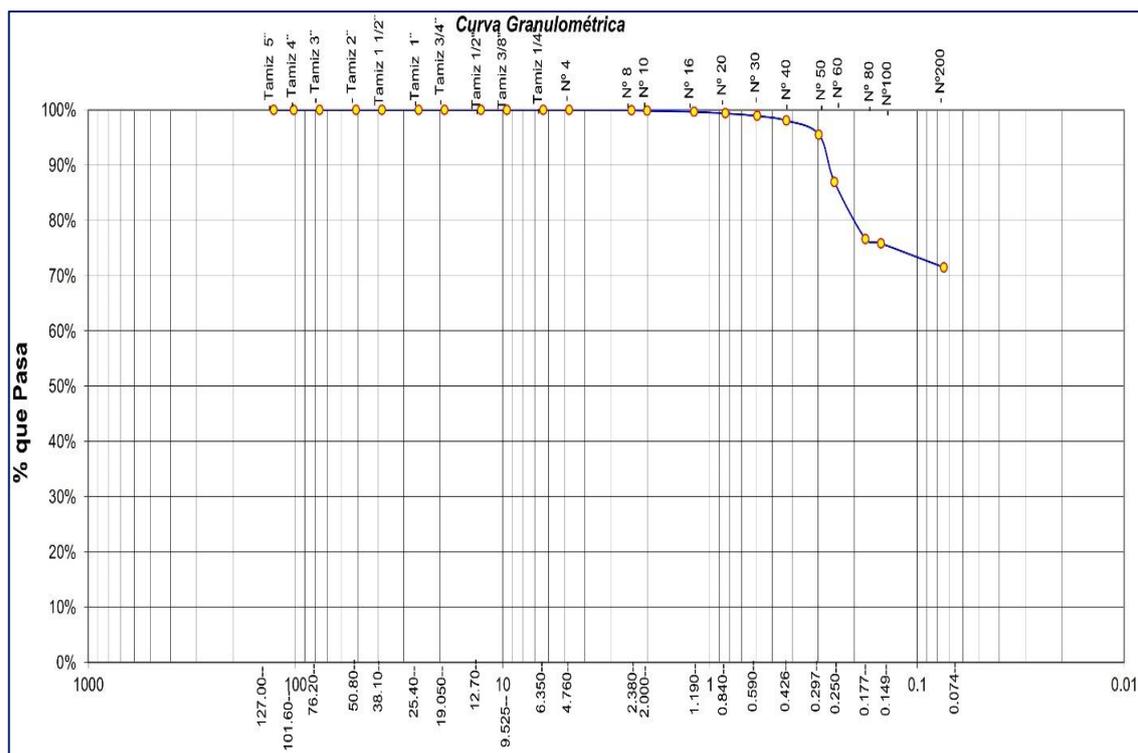


Figura 50: Curva granulométrica Calicata C-03. (Fuente: Elaboración Propia)

### 3.1.5. Clasificación de Suelos (ASTM D422)

Tabla 47

Resultado de clasificación de suelos SUCS y ASSHTO

Clasificación de Suelos			
Calicata	C-01	C-02	C-03
AASHTO	A-6 (6)	A-7-6 (10)	A-7-6 (11)
SUCS	CL	CL	CL
Estrato	Arcilla de mediana plasticidad de color marrón de consistencia semidura.	Arcilla de mediana plasticidad de color marrón con betas rojas de consistencia dura.	Arcilla de mediana plasticidad de color marrón oscuro de consistencia media.

Fuente: Elaboración propia

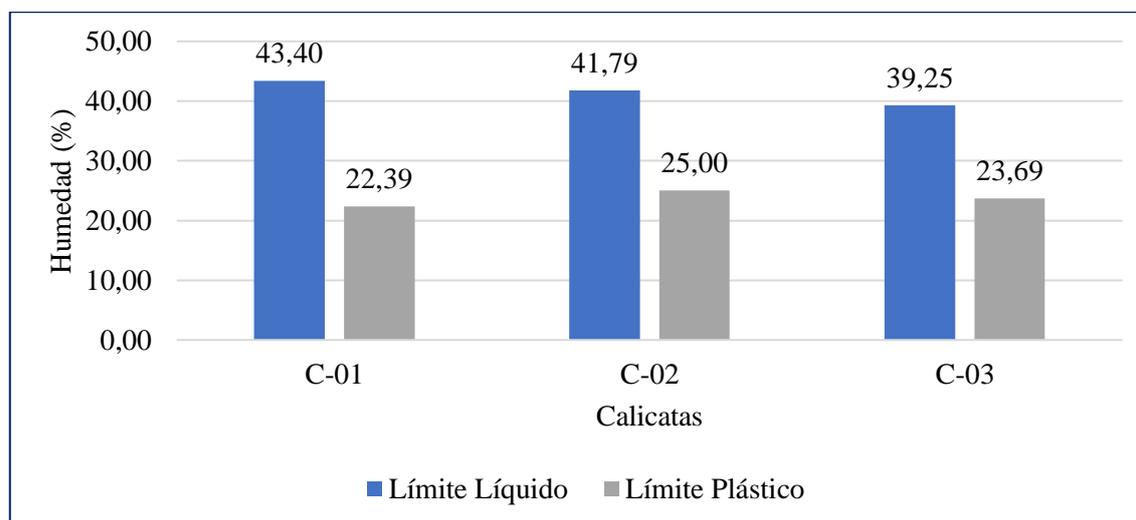
### 3.1.6. Límites de Atterberg (ASTM 423-66, D424-59)

**Tabla 48**

*Resultados de Límites de Atterberg*

<b>Ensayo de Límites de Atterberg</b>			
<b>Calicata C-01</b>			
Parámetros	LL	LP	IP
Estrato 01	43.4	22.39	21.01
<b>Calicata C-02</b>			
Parámetros	LL	LP	IP
Estrato 01	41.79	25	16.79
<b>Calicata C-03</b>			
Parámetros	LL	LP	IP
Estrato 01	39.25	23.69	15.56

Fuente: Elaboración propia



**Figura 51:** Comparativa de Límites de Atterberg. (Fuente: Elaboración Propia)

### 3.1.7. Ensayo de Corte Directo (NTP 339.171)

**Tabla 49**

*Resultados ensayo de corte directo – antes del nivel freático C-01*

<b>Ensayo de Corte Directo - Antes del Nivel Freático C-01</b>				
Anillo N°	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Parámetros Geotécnicos	
			Cohesión (c)	Ángulo de Fricción ( $\phi$ )
1	0.56	0.47	0.35 kg/cm <sup>2</sup>	13°
2	1.11	0.59		
3	1.67	0.73		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50***Resultados ensayo de corte directo – después del nivel freático C-01*

<b>Ensayo de Corte Directo - Después del Nivel Freático C-01</b>				
<b>Anillo N°</b>	<b>Esfuerzo Normal (Kg/cm2)</b>	<b>Esfuerzo de Corte (Kg/cm2)</b>	<b>Parámetros Geotécnicos</b>	
			<b>Cohesión (c)</b>	<b>Ángulo de Fricción (<math>\phi</math>)</b>
1	0.56	0.20	0.11 kg/cm2	9°
2	1.11	0.27		
3	1.67	0.38		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51***Resultados ensayo de corte directo – antes del nivel freático C-02*

<b>Ensayo de Corte Directo - Antes del Nivel Freático C-02</b>				
<b>Anillo N°</b>	<b>Esfuerzo Normal (Kg/cm2)</b>	<b>Esfuerzo de Corte (Kg/cm2)</b>	<b>Parámetros Geotécnicos</b>	
			<b>Cohesión (c)</b>	<b>Ángulo de Fricción (<math>\phi</math>)</b>
1	0.56	0.48	0.34 kg/cm2	14°
2	1.11	0.61		
3	1.67	0.76		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 52***Resultados ensayo de corte directo – después del nivel freático C-02*

<b>Ensayo de Corte Directo - Después del Nivel Freático C-02</b>				
<b>Anillo N°</b>	<b>Esfuerzo Normal (Kg/cm2)</b>	<b>Esfuerzo de Corte (Kg/cm2)</b>	<b>Parámetros Geotécnicos</b>	
			<b>Cohesión (c)</b>	<b>Ángulo de Fricción (<math>\phi</math>)</b>
1	0.56	0.21	0.10 kg/cm2	11°
2	1.11	0.30		
3	1.67	0.42		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 53***Resultados ensayo de corte directo – antes del nivel freático C-03*

<b>Ensayo de Corte Directo - Antes del Nivel Freático C-03</b>				
<b>Anillo N°</b>	<b>Esfuerzo Normal (Kg/cm2)</b>	<b>Esfuerzo de Corte (Kg/cm2)</b>	<b>Parámetros Geotécnicos</b>	
			<b>Cohesión (c)</b>	<b>Ángulo de Fricción (<math>\phi</math>)</b>
1	0.56	0.46	0.30 kg/cm2	16°
2	1.11	0.61		
3	1.67	0.77		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Resultados ensayo de corte directo – después del nivel freático C-03

Ensayo de Corte Directo - Después del Nivel Freático C-03				
Anillo N°	Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Parámetros Geotécnicos	
			Cohesión (c)	Ángulo de Fricción ( $\phi$ )
1	0.56	0.22	0.09 kg/cm <sup>2</sup>	13°
2	1.11	0.33		
3	1.67	0.48		

Fuente: Elaboración propia

## 3.1.8. Capacidad Portante

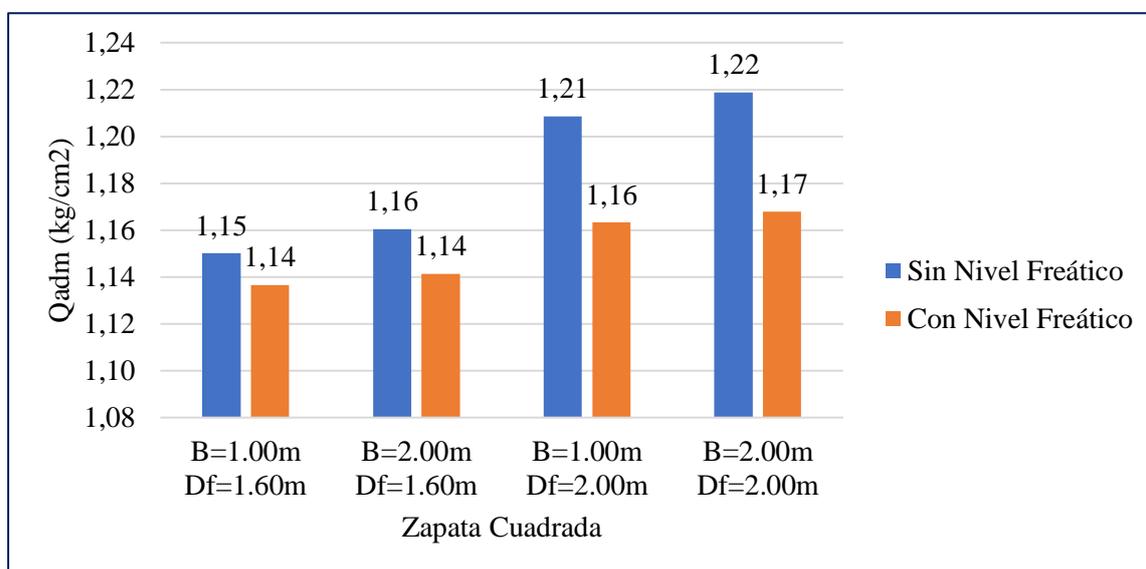


Figura 52: Resultados capacidad portante, C-01. (Fuente: Elaboración Propia)

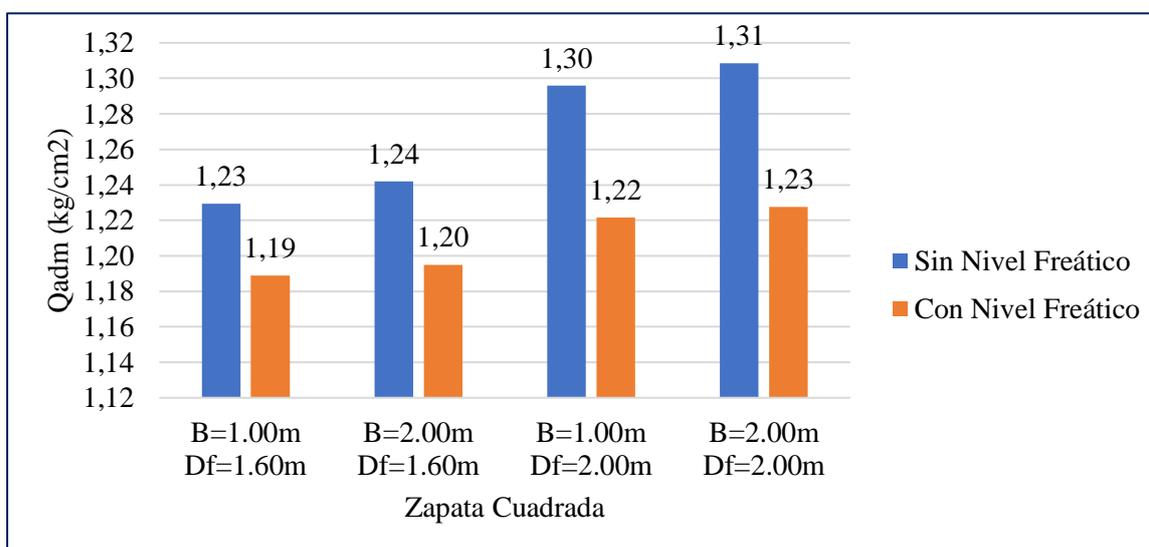
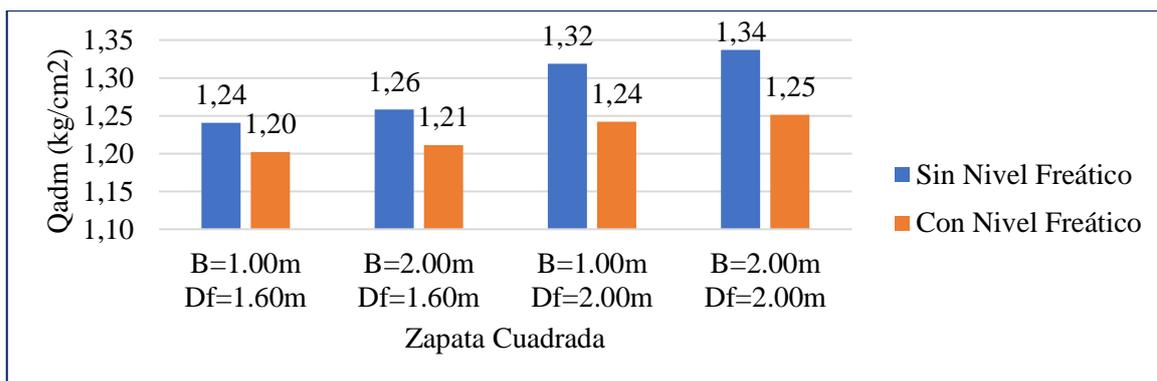
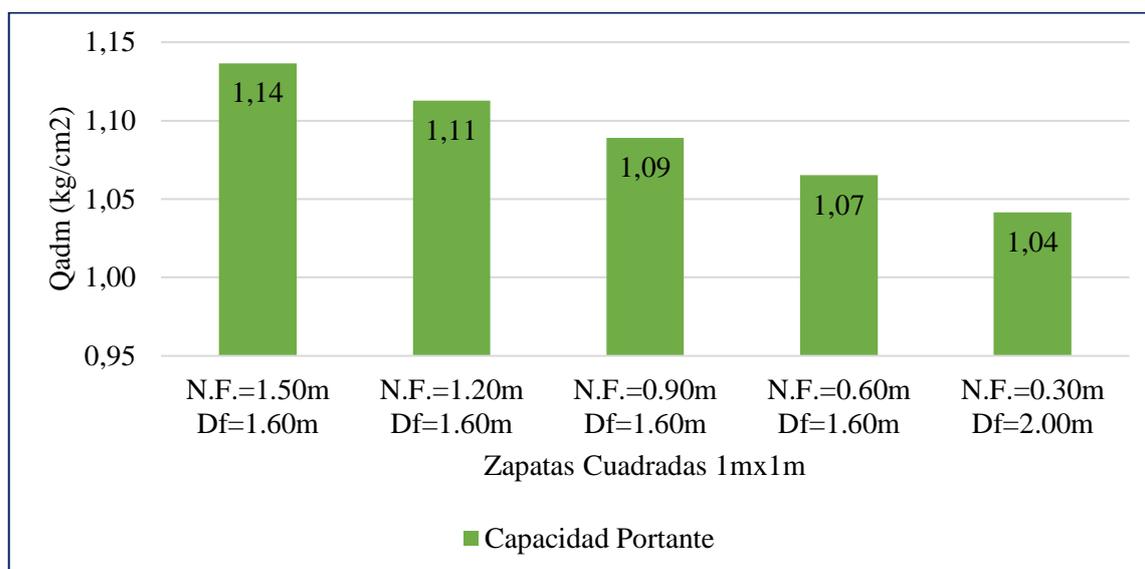


Figura 53: Resultados capacidad portante, C-02. (Fuente: Elaboración Propia)



**Figura 54:** Resultados capacidad portante, C-03. (Fuente: Elaboración Propia).



**Figura 55:** Resultado de capacidad portante en C-01, nivel freático variable. (Fuente: Elaboración Propia).

## 3.2. Discusiones

### 3.2.1. Discusión 01

#### Objetivo

Ubicar y realizar 03 calicatas para su exploración y muestreo del suelo del distrito de Pucacaca – sector de expansión urbana (Invasión), provincia de Picota, Región San Martín.

#### Resultado

Se ubicaron las calicatas a lo largo de la Av. César Ruiz Reátegui en la Asociación de Vivienda del mismo nombre en el distrito de Pucacaca, en total se realizaron 03 calicatas las cuales presentaban material orgánico en la primera capa del suelo (0.20m). Según lo observado en la exploración, la zona en estudio presenta suelos de arcillosos de mediana plasticidad.

### **Comentario**

Las calicatas se distribuyeron en toda el área de estudio, con el fin de obtener resultados válidos para cualquier ubicación en la zona de estudio.

#### **3.2.2. *Discusión 02***

##### **Objetivo**

Determinar la influencia de la precipitación en el nivel freático y su posterior afectación en la capacidad portante de los suelos del distrito de Pucacaca.

##### **Antecedentes**

(Bollatti, y otros, 2016) en su trabajo “Variación del Nivel Freático en función de las lluvias en Marco Juárez”, encontró que entre 1 y 2 metros de profundidad del nivel freático el incremento promedio es de 5.07 mm por cada 23mm de lluvia, en función básicamente de las condiciones del suelo.

##### **Resultado**

La precipitación registrada durante el periodo de noviembre de 2016 hasta mayo de 2017 nos demuestra que una precipitación de 316.1mm entre los meses de noviembre a febrero, generan un ascenso promedio del nivel freático de 0.33m a razón de 0.0028m/día.

##### **Comentarios**

Los resultados obtenidos indican que existe una relación directa entre la cantidad de precipitación caída en un área y el nivel de variación del nivel freático; es decir, a mayor precipitación mayor ascenso del nivel freático.

#### **3.2.3. *Discusión 03***

##### **Objetivo**

Determinar la influencia de la infiltración en el nivel freático y su posterior afectación en la capacidad portante de los suelos del distrito de Pucacaca.

##### **Antecedentes**

El Reglamento Nacional de Edificaciones en su norma la IS. 020 “Tanques Sépticos” hace una clasificación de los terrenos de acuerdo al tiempo de infiltración par el descenso de 1cm, teniendo como Terrenos Lentos a aquellos que demores de 8 a 12 minutos en descender dicho centímetro.

##### **Resultado**

Tal como se indica en la Tabla 33, el tiempo promedio de infiltración para el descenso de 1cm es de 24.33min, lo que lleva a interpretar que es un suelo de muy lenta infiltración.

### **Comentarios**

La velocidad de infiltración genera que las aguas provenientes de las precipitaciones tarden en filtrarse en el suelo, conllevando esto a pérdida de agua de precipitaciones a través de la evaporación. Sin embargo, a pesar de lo mencionado en la oración anterior, siempre existe esa relación de que a más cantidad de lluvia mayor es la cantidad de agua que se infiltra provocando de esta manera el ascenso del nivel freático.

#### **3.2.4. Discusión 04**

##### **Objetivo**

Determinar la influencia de la permeabilidad en el nivel freático y su posterior afectación en la capacidad portante de los suelos del distrito de Pucacaca.

##### **Antecedentes**

(Bowles, 1981) presenta una clasificación de drenaje de suelos según su coeficiente de permeabilidad, teniendo a los suelos prácticamente impermeables entre los valores de  $1 \times 10^{-6}$  a  $1 \times 10^{-9}$ , suelos pobres entre  $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-6}$ , suelos buenos entre  $1 \times 10^{-2}$  y  $1 \times 10^{-4}$ .

##### **Resultado**

El coeficiente promedio de permeabilidad hallado fue  $1.38 \times 10^{-7}$ , lo que se definiría como suelos con drenaje “prácticamente impermeables”.

##### **Comentarios**

El valor del coeficiente hallado se relaciona directamente con la infiltración, puesto que en terrenos poco permeables la velocidad de infiltración es muy lenta.

#### **3.2.5. Discusión 05**

##### **Objetivo**

Realizar los estudios de mecánica de suelos y geotecnia, empleando el método más adecuado, según el tipo de suelo que se obtenga.

##### **Resultado**

Los ensayos se realizaron en un laboratorio de mecánica de suelos externo a la Universidad Nacional de San Martín, los ensayos realizados fueron: contenidos de humedad, densidades del suelo, límites de consistencia (límite líquido, límite plástico), análisis granulométrico, y corte directo, permitiendo determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en estudio, así como el tipo de suelo y principales características.

El contenido de humedad que presentan las muestras analizadas varía entre 20.76% y 35.70%, lo que indica que son suelos con alto contenido de agua.

Según la granulometría el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 varía entre 71.51% y 97.64%. En cuanto a los límites de consistencia de las muestras, éstas presentan un límite líquido que varía entre 39.25% y 43.40% y un límite plástico entre 22.39% y 25.00%, lo que arroja un índice de plasticidad entre 15.56% y 21.01%. La clasificación mediante el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS), concluyó que se tiene: arcilla de mediana plasticidad de color marrón de consistencia semidura, arcilla de mediana plasticidad de color marrón con betas rojas de consistencia dura y arcilla de mediana plasticidad de color marrón oscuro de consistencia media.

### **Comentarios**

Tener suelos arcillosos significa que son poco permeables y a su vez es un indicador que se está frente a terrenos muy complicados para construcciones de todo tipo.

### **3.2.6. Discusión 06**

#### **Objetivo**

Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.

#### **Resultado**

Los perfiles estratigráficos muestran la conformación de los suelos según las capas que están contenidas en él, se pudo apreciar la presencia de material orgánico en los primeros centímetros excavados, también hubo presencia de nivel freático a partir del 1.20 m en la calicata C-02 y en general presencia de material arcilloso en toda la excavación.

### **3.2.7. Discusión 07**

#### **Objetivo**

Procesar los datos para determinar la capacidad portante de los suelos obtenidos del muestreo y exploración del área de estudio.

#### **Antecedentes**

(Mora Ch., 2000) en la Revista Geológica de América Central "Variación de la posición del Nivel Freático y su influencia de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales", llega a la conclusión que la variación de la posición del nivel freático tiene una influencia sumamente importante en la capacidad de carga admisible de cimentaciones superficiales, en algunos casos las cimentaciones con anchos menores pueden presentar una CCA mayor que las de anchos mayores, esto debido a la ubicación del nivel freático.

**Resultado**

Al variar 30cm el nivel freático (ascenso de -1.50m a -1.20m), existe una pérdida de la capacidad portante de 0.03kg/cm<sup>2</sup> como se puede ver en la imagen 55 y al variar el nivel freático de -1.50m a -0.6m, la pérdida es de 0.07kg/cm<sup>2</sup>.

**Comentarios**

Como se evidencia en el anterior párrafo, al subir el nivel freático en el suelo, la capacidad portante de éste disminuye.

## CONCLUSIONES

1. Los resultados de la presente tesis sólo son válidos para la zona estudiada, es decir, para la Asociación de Vivienda César Ruiz Reátegui, distrito de Pucacaca, provincia de Picota, región San Martín.
2. El nivel freático identificado en la zona de estudio al momento del sondeo fue de -1.50m, -1.20m y -1.30m para las calicatas C-01, C-02 y C-03, respectivamente.
3. La precipitación influye directamente en la variación del nivel freático en el periodo de estudio entre noviembre de 2016 y mayo de 2017, lográndose un ascenso promedio de 0.33m en las 03 calicatas (de -1.30m a -0.97m) a razón de 0.0028 m/día.
4. Se registró una velocidad de infiltración promedio de 29.05 mm/hr en las tres calicatas y un tiempo promedio de 24.33 minutos en descender 1cm el nivel del agua en el pozo del ensayo de percolación. De acuerdo al RNE. IS.020 y a los resultados de campo, nuestro suelo se clasifica como Terreno de Muy Lenta Infiltración.
5. El coeficiente promedio de permeabilidad K fue de  $1.38 \times 10^{-7}$ , correspondiente a un suelo prácticamente impermeable.
6. Sobre las características físicas de los suelos se concluye que:
  - En todas las calicatas se encontró 02 estratos, un primero que corresponde a material orgánico con un espesor de 0.20m y otro un estrato arcillo.
  - Según el sistema de clasificación de suelos SUCS, nuestros suelos corresponden al tipo CL.
  - Según la granulometría el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 varía entre 71.51% y 97.64%.
  - El límite líquido varía entre 39.25% y 43.40% y el límite plástico entre 22.39% y 25.00%, lo que arroja un índice de plasticidad entre 15.56% y 21.01%.
  - El contenido de humedad varía entre 20.76% y 35.70%.

- La densidad aparente varía entre 1.84kg/cm<sup>2</sup> y 2.08kg/cm<sup>2</sup>.
  - La cohesión varía entre 0.09kg/cm<sup>2</sup> y 0.35kg/cm<sup>2</sup>.
  - El ángulo de fricción interna varía entre 9° y 16°.
7. A mayor profundidad de desplante de una zapata cuadrada de 1.00m x 1.00m en una cimentación superficial, mayor es la capacidad portante, tal como se puede evidenciar en la Figura 52 en la que al aumentar el  $D_f$  en 0.40m la capacidad portante aumenta en 0.06kg/cm<sup>2</sup> en condiciones sin nivel freático.
  8. La altura del nivel freático influye directamente en la capacidad portante de los suelos, es decir, a menor altura del nivel freático menor será la capacidad portante. Lo anterior queda demostrado en la Figura 55, cuando se comparó diferentes posiciones del nivel freático manteniendo las mismas condiciones de geometría, profundidad de desplante y propiedades físicas del suelo en la calicata C-01; se obtuvo que, cuando la altura del nivel freático baja 0.30m la capacidad portante baja de 1.14kg/cm<sup>2</sup> a 1.11kg/cm<sup>2</sup> y cuando la altura del nivel freático baja 1.20m la capacidad portante baja de 1.14kg/cm<sup>2</sup> a 1.04kg/cm<sup>2</sup>.

## RECOMENDACIONES

- Uno de los requisitos para las habilitaciones urbanas o las áreas de expansión urbana que proyecte la Municipalidad Distrital de Pucacaca, debe ser un estudio de niveles freáticos y que éste a su vez presente resultados con niveles freáticos no superficiales.
- Diseñar las futuras cimentaciones con zapatas rectangulares, conectadas con vigas de cimentación, teniendo en cuenta que los suelos de la zona de estudio presentan una capacidad portante admisible de alrededor de 1.00 kg/cm<sup>2</sup>.
- Construir las cimentaciones con concretos impermeables (uso de aditivos) con el afán de proteger el acero de refuerzo en los elementos estructurales de la corrosión, por presencia de aguas freáticas superficiales en la zona.
- Realizar mejoramiento de los suelos (precargas, reemplazo de suelo, mezclas de suelos) por la presencia de arcillas en las cimentaciones de las futuras viviendas.
- Monitorear el nivel freático con freatómetros para que de esta manera se obtengan números más precisos que sirvan a los profesionales encargados del diseño estructural de edificaciones.
- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Pucacaca tomar como referencia el presente trabajo de investigación para brindar a la población del distrito los datos necesarios a tener en cuenta previos a la construcción de las viviendas, considerando las limitaciones de la investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. (G. N. Editores, Ed.) México: Limusa.
- Autoridad Nacional del Agua. (1984). *Estudio de Evaluación de Recursos Naturales y Plan de Protección Ambiental*.
- Bollatti, P., Cazorla, C., Galarza, C., Andreucci, A., Muñoz, S., & Aimetta, B. (2016). *Variación del Nivel Freático en Función de las Lluvias en Marco Juárez*. Córdova.
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil* (Segunda ed.). México: Libros McGraw-Hill de México.
- Cabello Collachagua, J. L. (2017). *Relación entre el Nivel Freático y Proceso Constructivo de la Cimentación de la I.E. Jorge Basadre Grohmann - Huancavelica*. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo.
- Campos, V., Eduardo, K., Luigi, T., Andrea, M., & Pietro, T. (2008). *Ascenso de los Niveles Freáticos en el centro arqueológico Chan Chan*.
- Córdova Castillo, Y. B., & Montalvan Rios, C. (2017). *Zonificación geotécnica del barrio Centro del distrito de Picota, provincia de Picota - Región San Martín*. Tesis, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto.
- Correa, P. O. (1982). *Evaluación del potencial de los recursos hídricos e hidrobiológicos de la cuenca hidrográfica del Huallaga Central y Bajo Mayo*. Convenio entre la Dirección Regional de Pesquería XI y el Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, Tarapoto.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (Quinta ed.). México: LIMUSA S.A.
- Das, B. (1999). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones* (Cuarta ed.). International Thomson Editores.

- De Ridder, N. A. (1978). *Estudios de Agua Subsuperficial*. Wageningen: Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Ferrer Granell, A. (2010). *Control de las Aguas Subterráneas en la Ingeniería Civil. Interacción entre la Obra y el Medio Hidrogeológico, Síntesis de Métodos de Control y Aplicación de Modelos Matemáticos*. Tesis Maestría, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Gonzales de Vallejo, L. L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de Suelos* (Vol. I). México: Limusa.
- Leoni, A. (2008). *Relaciones Volumétricas y Gravimétricas*.
- Martínez Quiroz, E. (2006). *Guía de Mecánica de Suelos I y II*. Tarapoto: UNSM.
- Ministerio de Agricultura. (2004). *Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Valle de Mala*. Cañete.
- Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Mora Ch., R. (2000). La Variación de la posición del nivel freático y su influencia en la capacidad de carga de cimentaciones superficiales: caso zapata corrida infinita en un suelo de origen volcánico, Juan Viñas Cartago, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*.
- Nij Patzán, J. E. (2009). *Guía Práctica para el Cálculo de Capacidad de Carga en Cimentaciones Superficiales, Losas de Cimentación, Pilotes y Pilas Perforadas*. Guatemala.
- Pizarro, F. (1985). *Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos* (Segunda ed.). Madrid: Agrícola Española.
- Proyecto INDECI - PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2004). *Mapa de Peligros de la Ciudad de San Hilarión*. Lima.

Rinaldi, V., Zeballos, M., & Rocca, R. (2011). Efecto del Ascenso del Nivel Freático en Suelos Loésicos Colapsables. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*.

RNE. (2006). *IS. 020 Tanques Sépticos*. Lima: Normas Legales.

Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1978). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica* (Segunda ed.). El Ateneo.

Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Villón.

**ANEXOS**

**Anexo 1:****Panel fotográfico**

**Figura 56:** Vista de la calicata C-01, proceso de excavación. (Fuente: Elaboración Propia).



**Figura 57:** Colocación de agua potable para ensayo de percolación. (Fuente: Elaboración Propia).



**Figura 58:** Medición del nivel freático en calicata C-02. (Fuente: Elaboración Propia).



**Figura 59:** Extracción de muestra para ensayo de corte directo. (Fuente: Elaboración Propia)



**Figura 60:** Protección de muestra para transporte a laboratorio. (Fuente: Elaboración Propia).



**Figura 61:** Extracción de muestra para obtención de granulometría. (Fuente: Elaboración Propia)



**Figura 62:** Vista de la AA. VV. César Ruiz Reátegui. (Fuente: Elaboración Propia)



**Figura 63:** Colocación de muestras en horno de secado. (Fuente: Elaboración Propia).

## Anexo 2:

## Estudio de mecánica de suelos



ÁREA DE ESTUDIOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.

**INFORME TÉCNICO**  
**ESTUDIO DE SUELOS**  
CON FINES DE CIMENTACIÓN

## PROYECTO:

**"INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO  
EN LA DETERMINACIÓN DE LA  
CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN  
CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE  
LA LOCALIDAD DE PUCACACA  
PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN DE  
SAN MARTÍN"**

## UBICACIÓN:

DISTRITO DE PUCACACA  
PROVINCIA DE PICOTA  
REGIÓN DE SAN MARTÍN

TARAPOTO – PERU

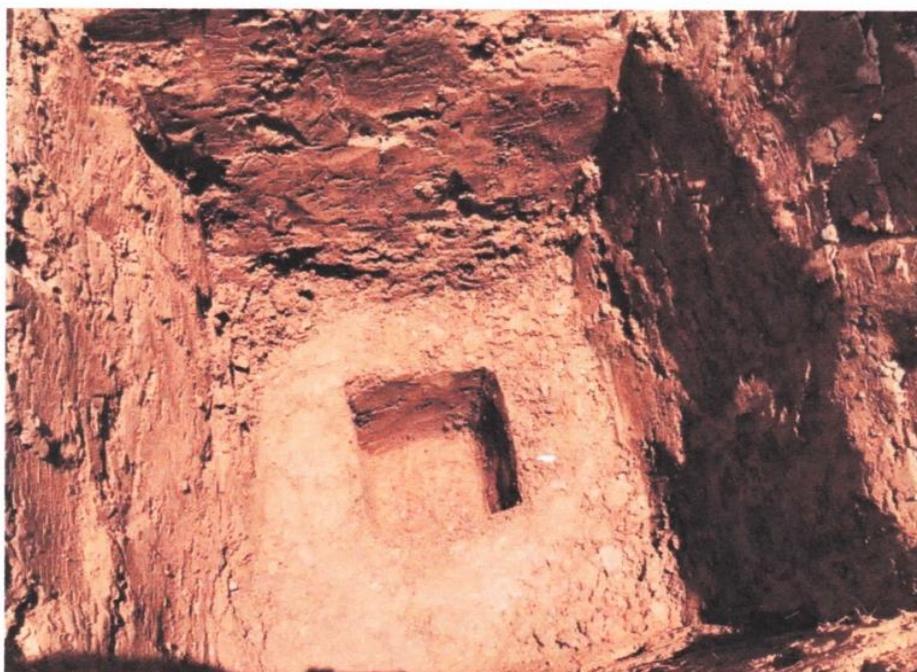
2016



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingeneria@hotmail.com

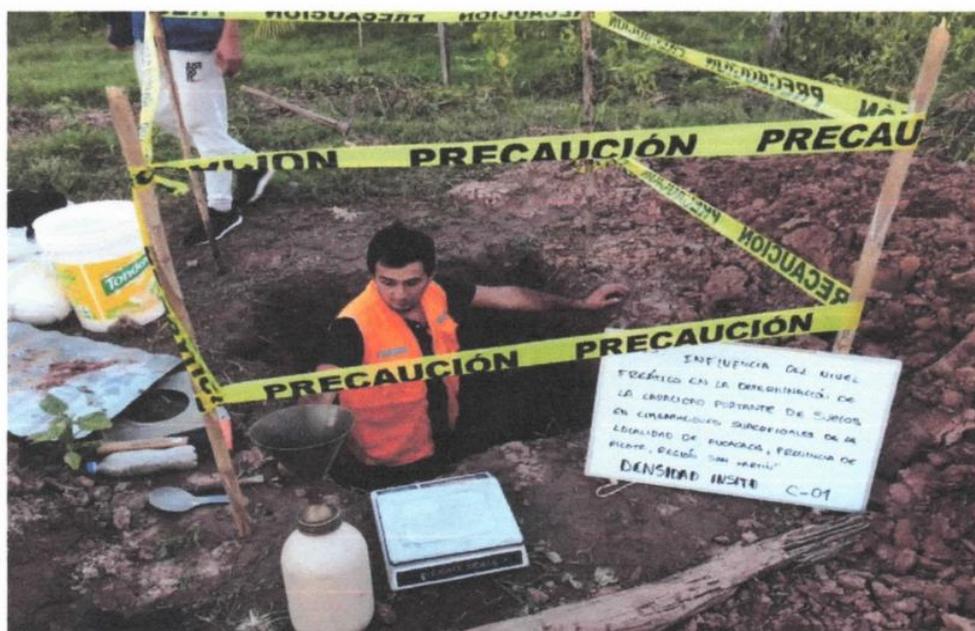
## **PANEL FOTOGRAFICO**



Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 22980C



R.U.C. : 20605918141  
DIRECCION : JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
CORREO ELECTRONICO : grupo4dingenieria@hotmail.com

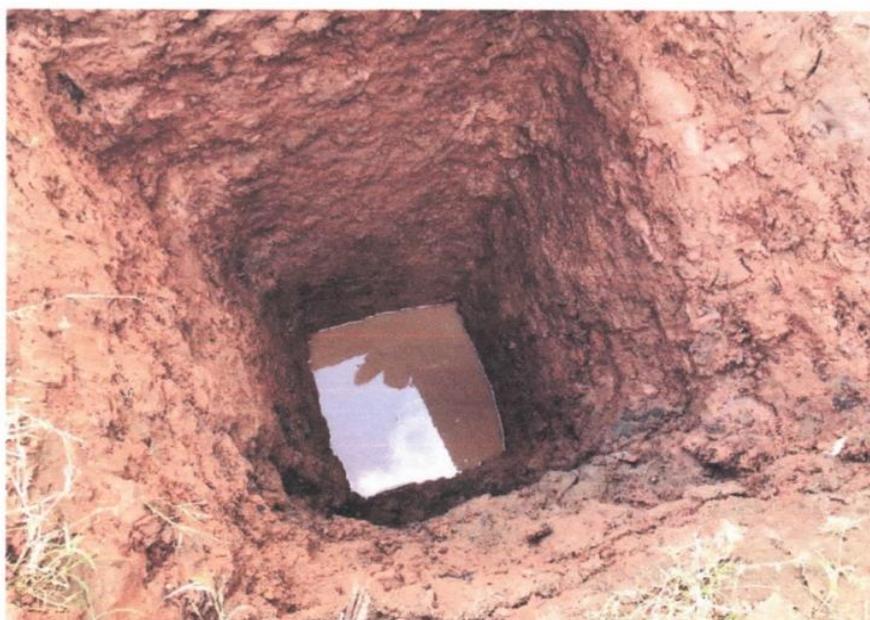


Archenti Zagarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com



Archenti Zegarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com



# ***CALICATA N° 01***

## ***ENSAYOS DE LABORATORIO***

***CONTENIDO DE HUMEDAD***

***GRANULOMETRIA***

***LIMITES DE CONSISTENCIA***

***CORTE DIRECTO***



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com

REGISTRO DE EXCAVACIÓN							
Ejecuta :		GRUPO 4D INGENIERIA S.A.C.				COORDENADAS	
Proyecto :		"INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA - PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN DE SAN MARTÍN"				S 9242979.00	E 361852.00
Ubicación		SECTOR ASOCIACION DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN				Revizado :	J.A.Z
Calicata N°	C-01	Nivel freático = 1.50	Prof. Exc.	3.00	(m)	Fecha :	7/11/2016
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACIÓN			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO		
-0.20	I	MATERIAL DE RELLENO				0.20	0.00
NF -1.50	II	El suelo arcilla de mediana plasticidad de color marron de consistencia semidura, LL=43.40%, LP=22.39%, con presencia de 97.64% de finos.	A-6 (6)	CL		1.30	24.58
-2.00	III					0.50	35.70
-3.00							

**OBSERVACIONES:** Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M, (registro sin escala)



Archenti Zagarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - N.T.P. 400.012 - ASTM D - 423**

**A.- DATOS GENERALES**

**Proyecto :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN DE SAN MARTÍN

**Localización del Proyecto :** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marrón Profundidad de la Muestra: 0.20 - 1.50m

**Hecho Por :** Bach. Elvis Altamirano Ramos Calicata: C1-M II  
Bach. José Y. Dávila Alarcón

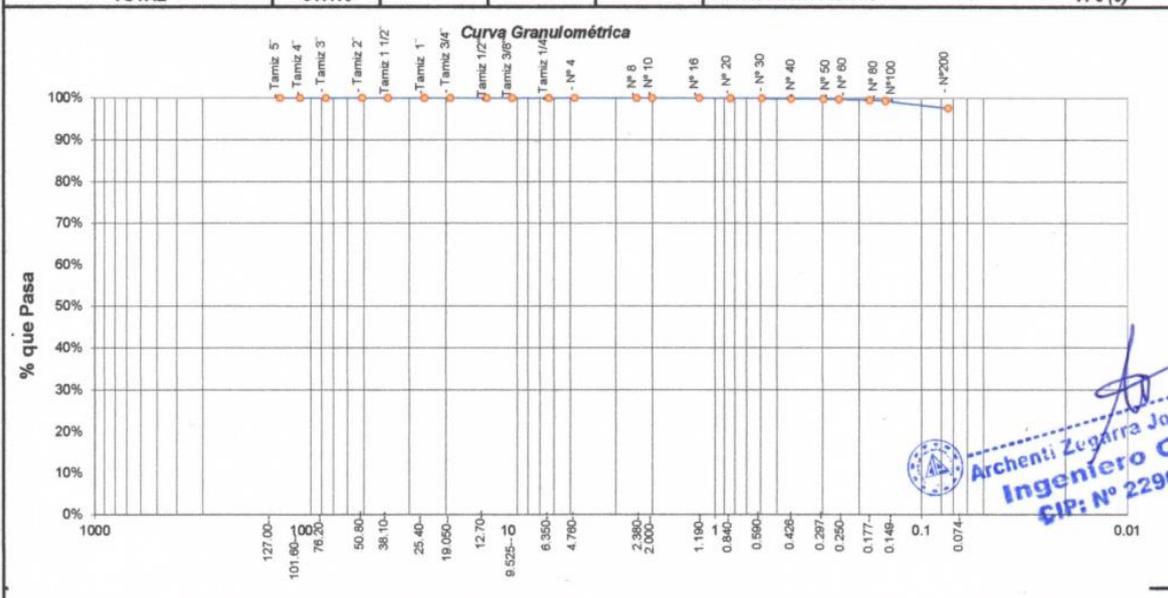
**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada

**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico  Coordenadas UTM : E:351852.00 S:9242979.00

**B.- DATOS TECNICOS**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012**

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DATOS TECNICOS DEL ENSAYO Y RESULTADOS	
Ø	(mm)						
Tamiz 5"	127.00					Numero del recipiente :	-
Tamiz 4"	101.60					Peso del recipiente :	0
Tamiz 3"	76.20					Peso del recipiente + suelo seco :	317.1
Tamiz 2"	50.80					Peso del suelo seco antes del lavado :	317.1
Tamiz 1 1/2"	38.10					<b>Resultados Obtenidos:</b>	
Tamiz 1"	25.40					Contenido de humedad natural =	24.58
Tamiz 3/4"	19.050					Limite Liquido =	43.40
Tamiz 1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Limite Plástico =	22.39
Tamiz 3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Índice Plástico =	21.01
Tamiz 1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Grava =	0.00%
Nº 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Arena =	2.36%
Nº 8	2.380	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Limos y arcillas =	97.64%
Nº 10	2.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	<b>Porcentajes que pasan :</b>	
Nº 16	1.190	0.06	0.02%	0.02%	99.98%	% Pasa el Tamiz Nº 4	100.00%
Nº 20	0.840	0.05	0.02%	0.03%	99.97%	% Pasa el Tamiz Nº 10	100.00%
Nº 30	0.590	0.11	0.03%	0.07%	99.93%	% Pasa el Tamiz Nº 40	99.88%
Nº 40	0.426	0.16	0.05%	0.12%	99.88%	% Pasa el Tamiz Nº 200	97.64%
Nº 50	0.297	0.26	0.08%	0.20%	99.80%	D <sub>60</sub> :	=
Nº 60	0.250	0.21	0.07%	0.27%	99.73%	D <sub>30</sub> :	=
Nº 80	0.177	0.62	0.20%	0.46%	99.54%	D <sub>50</sub> :	=
Nº 100	0.149	0.51	0.16%	0.62%	99.38%	Cc (Coeficiente de curvatura) :	
Nº 200	0.074	5.50	1.73%	2.36%	97.64%	Cu (Coeficiente de Uniformidad) :	
Fondo	0.01	309.62	97.64%	100.00%	0.00%	Clasificación S.U.C.S. :	CL
<b>TOTAL</b>		<b>317.10</b>				Clasificación AASHTO :	<b>A-6 (6)</b>



**Proyecto:** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN DE SAN MARTÍN

**Localización del Proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marrón Profundidad de la Muestra: 0.20 - 1.50m

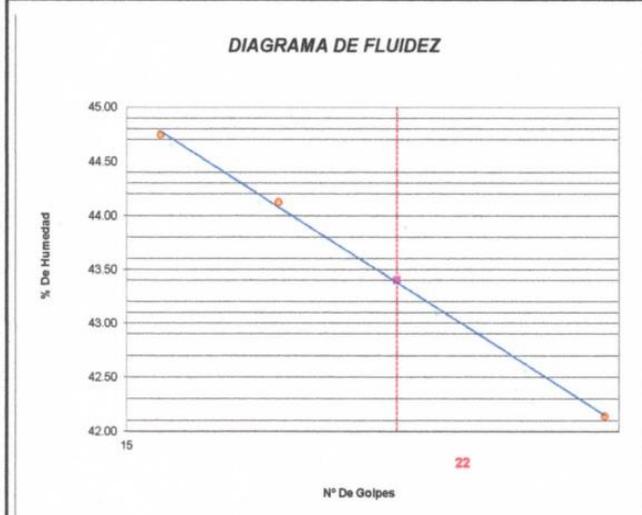
**Identificación de la Muestra :** C-1 Operador : Bach. Elvis Altamirano Ramos Calicata: C1-M II Fecha: 7/11/2016  
Bach. José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada  **Coordenadas Punto Muestreo:** E: 351852.00 S: 9242979.00

**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**
**Determinación del Límite Líquido (N.T.P. 339.129) ASTM D-4318**

Recipiente N°	26	27	28
Peso del recipiente grs.	12.06	16.73	16.86
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	60.55	65.17	62.80
Peso del suelo seco + recipiente grs.	45.56	50.34	49.18
Peso del agua grs.	14.99	14.83	13.62
Peso del suelo seco grs.	33.50	33.61	32.32
Contenido de Humedad %	<b>44.75</b>	<b>44.12</b>	<b>42.14</b>
Numero de Golpes	16	20	37



Límite Líquido (%)	43.40
Límite Plástico (%)	22.39
Índice de Plasticidad Ip (%)	21.01

**Determinación del Límite Plástico (N.T.P. 339.131) ASTM D-4318**

Recipiente N°	A	B	C
Peso del recipiente grs.	9.32	9.50	11.00
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	20.15	21.02	23.10
Peso del suelo seco + recipiente grs.	18.15	18.92	20.90
Peso del agua grs.	2.00	2.10	2.20
Peso del suelo seco grs.	8.83	9.42	9.90
Contenido de humedad	22.65	22.29	22.22
Promedio del contenido de humedad LP		22.39	

# ***CORTE DIRECTO SIN NIVEL FREÁTICO***



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com

Proyecto : INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN DE SAN MARTÍN

Localización del proyecto: SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA,

PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

Ubicación : Av. Cesar Ruiz Reátegui

Descripción del Suelo: Arcilla de mediana plasticidad de color marrón

Profundidad de la Muestra: 0.20 - 1.50m

Identificación de la Muestra : C-1

Operador : Bach. Elvis Altamirano Ramos

Calicata: C1-M II

Fecha: 7/11/2016

Bach. José Y. Dávila Alarcón

Tipo de Muestra : Alterada  No alterada  Remoldeada

Coordenadas Punto Muestreo: E:351852.00 S:9242979.00

Extracción de Muestra : Cliente  Técnico

Determinación del contenido de humedad de un suelo N.T.P. 339.127

ASTM 2216

RECIPIENTE N°	1	2	3	4
Peso del recipiente grs.	99.88	98.50	105.17	104.43
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	450.15	495.60	476.13	495.60
Peso del suelo seco + recipiente grs.	381.20	416.30	402.15	420.00
Peso del agua grs.	68.95	79.30	73.98	75.60
Peso del suelo seco grs.	281.32	317.80	296.98	315.57
Contenido de humedad %	24.51	24.95	24.91	23.96
Promedio de contenido de humedad %	24.58			

Observaciones :

-----

-----



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

**PROYECTO :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** Arcilla de mediana plasticidad

**ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO

**SOLICITANTE :** Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón

**CERTIFICADO** GRUPO 4D INGENIERIA -2016

**UBICACIÓN :** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

**DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO

**FECHA :** NOVIEMBRE DEL 2016

**HORA DE ENSAYO**

8:00 a. m.

Calicata : C-01  
Muestra : M II

Profundidad : 0.20 - 1.50 m  
Estado : INALTERADO

Velocidad : 0.5 mm/min  
Clasificación SUCS : CL

### ESPECIMEN 1

**D. Humeda:** 1.84 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.47 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 24.58 %  
**Esf. Normal :** 0.56 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.47 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

**D. Humeda:** 1.84 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.47 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 24.58 %  
**Esf. Normal :** 1.11 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.59 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

**D. Humeda:** 1.84 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.47 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 24.58 %  
**Esf. Normal :** 1.67 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.73 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0.00	0.00	0.00
0.03	0.08	0.14
0.06	0.10	0.17
0.12	0.11	0.21
0.18	0.12	0.22
0.30	0.14	0.25
0.45	0.16	0.28
0.60	0.18	0.31
0.75	0.19	0.34
0.90	0.24	0.42
1.05	0.27	0.48
1.20	0.29	0.51
1.50	0.33	0.57
1.80	0.35	0.62
2.10	0.39	0.68
2.40	0.43	0.74
2.70	0.45	0.77
3.00	0.47	0.80
3.60	0.47	0.79
4.20	0.46	0.77
4.80	0.46	0.76
5.40	0.46	0.76
6.00	0.46	0.74

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0.00	0.00	0.00
0.03	0.11	0.10
0.06	0.14	0.13
0.12	0.17	0.16
0.18	0.20	0.18
0.30	0.22	0.20
0.45	0.23	0.21
0.60	0.26	0.23
0.75	0.29	0.26
0.90	0.33	0.29
1.05	0.37	0.32
1.20	0.39	0.35
1.50	0.43	0.38
1.80	0.46	0.40
2.10	0.50	0.44
2.40	0.53	0.47
2.70	0.56	0.49
3.00	0.58	0.50
3.60	0.59	0.51
4.20	0.58	0.50
4.80	0.58	0.49
5.40	0.59	0.49
6.00	0.59	0.48

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado ( $\tau/\sigma$ )
0.00	0.00	0.00
0.03	0.15	0.09
0.06	0.18	0.11
0.12	0.23	0.14
0.18	0.28	0.17
0.30	0.30	0.18
0.45	0.31	0.19
0.60	0.34	0.20
0.75	0.38	0.23
0.90	0.43	0.25
1.05	0.46	0.27
1.20	0.50	0.29
1.50	0.54	0.31
1.80	0.57	0.33
2.10	0.61	0.35
2.40	0.66	0.38
2.70	0.69	0.40
3.00	0.70	0.40
3.60	0.73	0.41
4.20	0.73	0.41
4.80	0.73	0.40
5.40	0.73	0.40
6.00	0.73	0.40

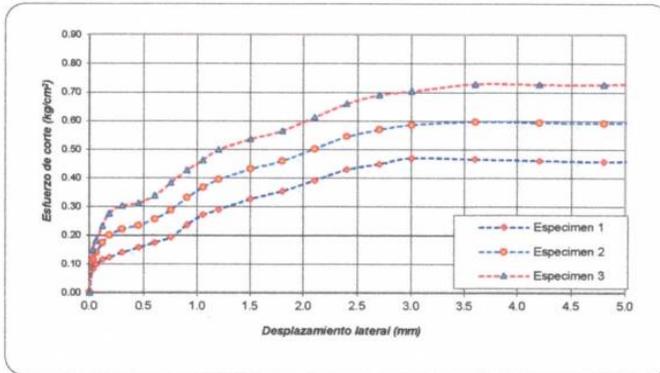
**OBSERVACIONES:**

La muestra ha sido extraída, colectada y transportada al laboratorio según normas establecidas en nuestro país.

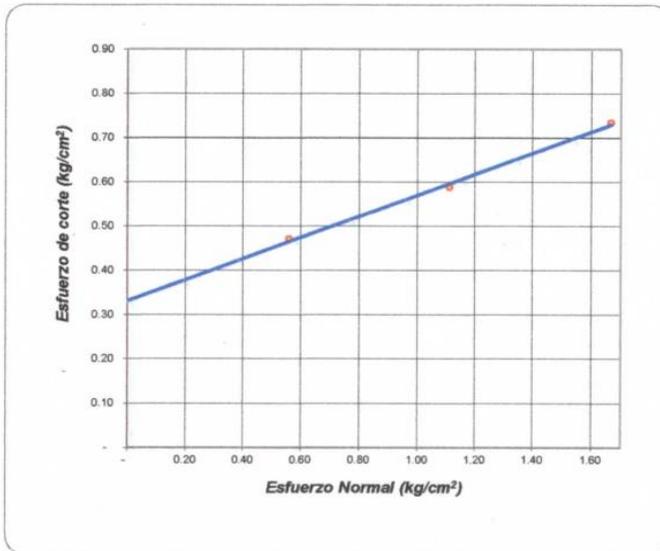
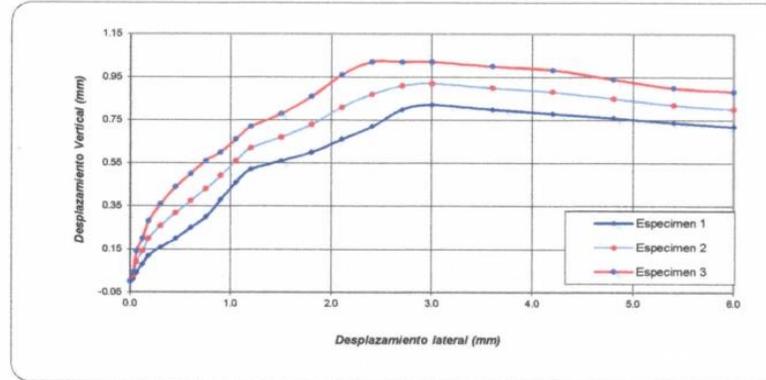


Archenti Zegarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
 CIP: N° 229006

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**



ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080			
INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN			
<b>PROYECTO :</b>	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón		
<b>UBICACIÓN :</b>	SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>FECHA :</b>	NOVIEMBRE DEL 2016		
Calicata :	C-01	Profundidad :	0.20 - 1.50 m
Muestra :	M II	Estado :	INALTERADO
<b>Nº ANILLO</b>	1	2	3
<b>Esfuerzo normal</b>	0.56	1.11	1.67
<b>Esfuerzo de corte</b>	0.47	0.59	0.73

Resultados:	
<b>Cohesión (c):</b>	0.35 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ang. Fricción (φ):</b>	13 °

*Archenti Zegarra Joel Felipe*  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



**GRUPO 4D**  
INGENIERIA S.A.C.  
APORTANDO SOLUCIONES

**ÁREA DE ESTUDIOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.**

# ***CORTE DIRECTO CON NIVEL FREÁTICO***



*Archenti Zegarra Joel Felipe*  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingeneria@hotmail.com

**Proyecto :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN DE SAN MARTÍN

**Localización del proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA,  
PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN **Ubicación :** Av. Cesar Ruiz Reátegui

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad color marrón **Profundidad de la Muestra:** 1.50 -2.00m NF

**Identificación de la Muestra :** C-01 **Operador :** Bach. Elvis Altamirano Ramos **Calicata:** C - 01 MIII **Fecha:** 7/11/2016  
Bach. José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada  **Coordenadas Punto Muestreo:** E:351852.00 S:9242979.00

**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico

**Determinación del contenido de humedad de un suelo N.T.P. 339.127**

**ASTM 2216**

RECIPIENTE N°	5	6	7	8
Peso del recipiente grs.	99.80	102.20	108.50	106.25
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	505.50	491.60	495.00	492.36
Peso del suelo seco + recipiente grs.	398.80	389.40	393.10	390.70
Peso del agua grs.	106.70	102.20	101.90	101.66
Peso del suelo seco grs.	299.00	287.20	284.60	284.45
Contenido de humedad %	35.69	35.58	35.80	35.74
<b>Promedio de contenido de humedad %</b>	<b>35.70</b>			

**Observaciones :**

-----

-----



Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229009

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

ASTM D3080

**PROYECTO :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**DESCRIPCION DEL SUELO:** Arcilla de mediana plasticidad

**ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO

**SOLICITANTE :** Bach.Elvis K. Altamirano Ramos y Bach.José Y. Dávila Alarcón

**CERTIFICADO** GRUPO 4D INGENIERIA -2016

**UBICACIÓN :** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO

**FECHA :** NOVIEMBRE DEL 2016

**HORA DE ENSAYO** 9:35 a. m.

Calicata : C-01  
Muestra : M III

Profundidad : NF 1.50 -2.00 m  
Estado : INALTERADO

Velocidad : 0.5 mm/min  
Clasificación SUCS: CL

## ESPECIMEN 1

**D. Humeda:** 1.96 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.46 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 35.70 %  
**Esf. Normal :** 0.56 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.20 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

## ESPECIMEN 2

**D. Humeda:** 1.96 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.46 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 35.70 %  
**Esf. Normal :** 1.11 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.27 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

## ESPECIMEN 3

**D. Humeda:** 1.96 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.46 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 35.70 %  
**Esf. Normal :** 1.67 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.38 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.06	0.11
0.06	0.07	0.13
0.12	0.08	0.14
0.18	0.09	0.16
0.30	0.11	0.21
0.45	0.12	0.22
0.60	0.13	0.24
0.75	0.14	0.25
0.90	0.16	0.28
1.05	0.17	0.30
1.20	0.18	0.31
1.50	0.20	0.34
1.80	0.20	0.34
2.10	0.20	0.34
2.40	0.19	0.33
2.70	0.19	0.33
3.00	0.17	0.30
3.60	0.18	0.30
4.20	0.17	0.28
4.80	0.17	0.28
5.40	0.16	0.27
6.00	0.16	0.27

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.07	0.06
0.06	0.08	0.07
0.12	0.09	0.08
0.18	0.10	0.09
0.30	0.11	0.10
0.45	0.13	0.11
0.60	0.14	0.13
0.75	0.15	0.14
0.90	0.17	0.15
1.05	0.18	0.16
1.20	0.21	0.18
1.50	0.23	0.20
1.80	0.23	0.20
2.10	0.24	0.21
2.40	0.23	0.21
2.70	0.24	0.22
3.00	0.24	0.21
3.60	0.27	0.23
4.20	0.26	0.23
4.80	0.26	0.22
5.40	0.25	0.21
6.00	0.25	0.21

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.08	0.05
0.06	0.09	0.05
0.12	0.10	0.06
0.18	0.11	0.06
0.30	0.11	0.07
0.45	0.13	0.08
0.60	0.15	0.09
0.75	0.17	0.10
0.90	0.18	0.10
1.05	0.19	0.11
1.20	0.24	0.14
1.50	0.26	0.15
1.80	0.27	0.16
2.10	0.28	0.16
2.40	0.30	0.17
2.70	0.32	0.18
3.00	0.33	0.19
3.60	0.37	0.21
4.20	0.38	0.21
4.80	0.36	0.20
5.40	0.36	0.20
6.00	0.36	0.20

OBSERVACIONES:

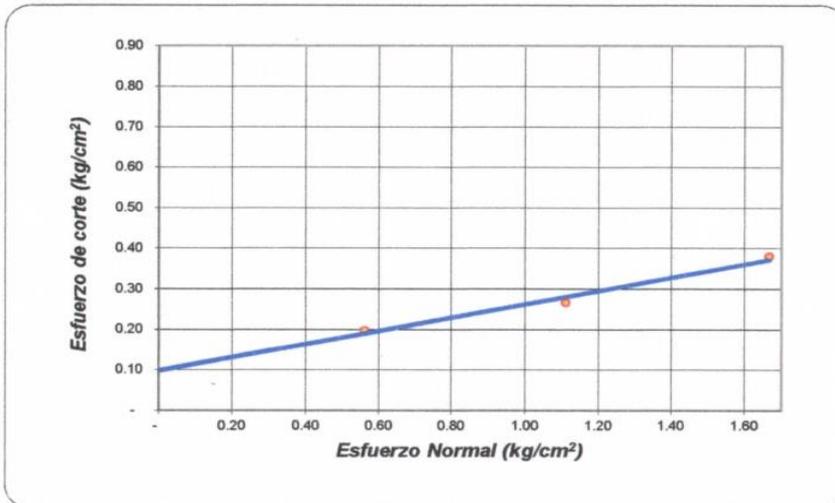
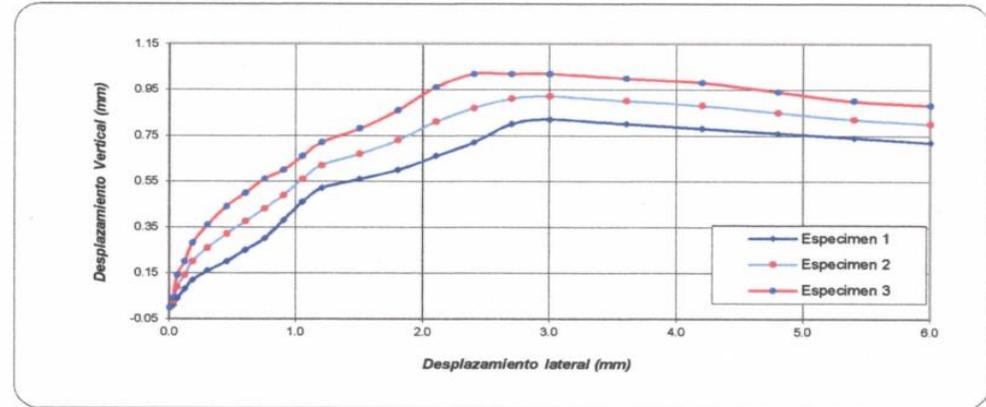
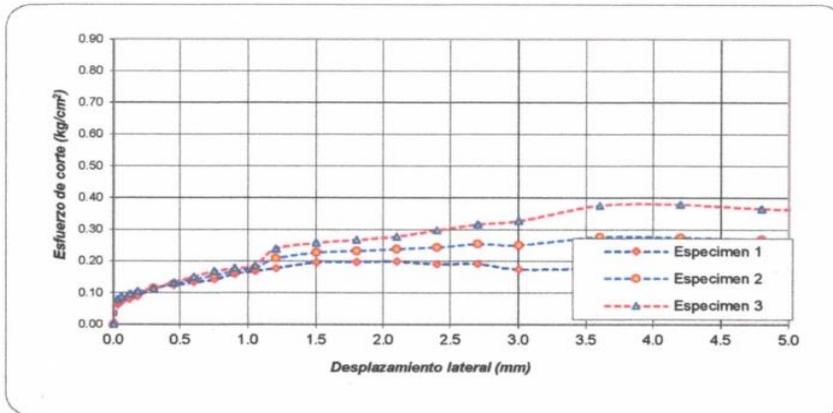
La muestra ha sido extraída, colectada y transportada al laboratorio según normas establecidas en nuestro país.



Archenti Zagarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
 CIP: N° 229006

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080			
<b>PROYECTO :</b>	INFLUENCIA DEL NIVEL FREATICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón		
<b>UBICACIÓN :</b>	SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>FECHA :</b>	NOVIEMBRE DEL 2016		
Calicata :	C-01	Profundidad :	NF 1.50 -2.00 m
Muestra :	M III	Estado :	INALTERADO
<b>N° ANILLO</b>	1	2	3
Esfuerzo normal	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de corte	0.20	0.27	0.38
<b>Resultados:</b>			
<b>Cohesión (c):</b>	0.11 kg/cm <sup>2</sup>		
<b>Ang. Fricción (φ):</b>	9 °		

*[Signature]*  
**Archenti Zegarra Joel Felipe**  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006

# ***CALICATA N<sup>o</sup> 02***

## ***ENSAYOS DE LABORATORIO***

***CONTENIDO DE HUMEDAD***

***GRANULOMETRIA***

***LIMITES DE CONSISTENCIA***

***CORTE DIRECTO***



*Archenti Zegarra Joel Felipe,*  
**Ingeniero Civil**  
**CIP: N° 229006**



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com

REGISTRO DE EXCAVACIÓN									
Ejecuta :		GRUPO 4D INGENIERIA S.A.C.					COORDENADAS		
Proyecto :		INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN					S 9243187.00	E 351928.00	
Ubicación		SECTOR ASOCIACION DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN					Revizado :	J.A.Z	
Calicata N°		C-02	Nivel freático = 1.20	Prof. Exc.	3.00 (m)	Fecha :			7/11/2016
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACIÓN			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)		
			AASHTO	SUCS	SÍMBOLO				
-0.30	I	MATERIAL DE RELLENO				0.30	0.00		
NF -1.20	II	El suelo arcilla de mediana plasticidad de color marron con betas rojas de consistencia dura, LL=41.79%, LP=25%, con presencia de 64.06% de finos.	A-7-6(10)	CL		0.90	20.76		
-1.90	III					0.70	30.28		
-3.00									

**OBSERVACIONES:** Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)

  
Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - N.T.P. 400.012 - ASTM D - 423

## A.- DATOS GENERALES

Proyecto : INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

Localización del Proyecto : SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

Descripción del Suelo: Arcilla de mediana plasticidad de color marron con betas roja: Profundidad de la Muestra: 0.30 - 1.20m

Hecho Por : Bach.Elvis Altamirano Ramos Calicata: C2-M II

Bach.José Y. Dávila Alarcón

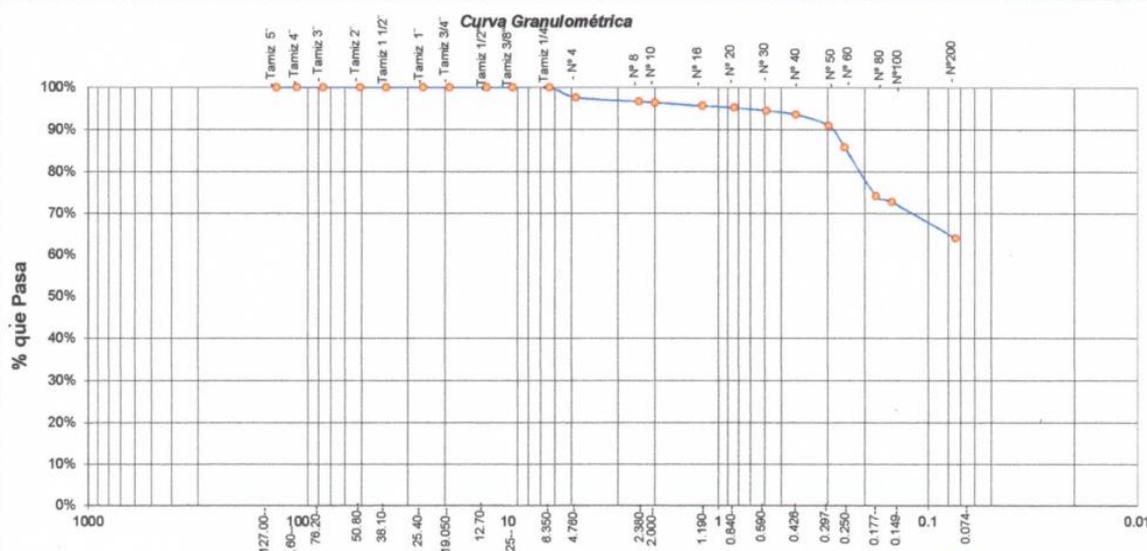
Tipo de Muestra : Alterada  No alterada  Remoldeada

Extracción de Muestra : Cliente  Técnico  Coordenadas UTM : E:351928.0 S:9243187.0

## B.- DATOS TECNICOS

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices		Peso Retenido	% Retenido		% Que Pasa	DATOS TECNICOS DEL ENSAYO Y RESULTADOS
Ø	(mm)		Parcial	Acumulado		
Tamiz 5"	127.00					Numero del recipiente : -
Tamiz 4"	101.60					Peso del recipiente : 0
Tamiz 3"	76.20					Peso del recipiente + suelo seco : 312.5
Tamiz 2"	50.80					Peso del suelo seco antes del lavado : 312.5
Tamiz 1 1/2"	38.10					<b>Resultados Obtenidos:</b>
Tamiz 1"	25.40					Contenido de humedad natural = 20.76
Tamiz 3/4"	19.050					Limite Liquido = 41.79
Tamiz 1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Limite Plástico = 25.00
Tamiz 3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Índice Plástico = 16.79
Tamiz 1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Grava = 2.34%
Nº 4	4.760	7.30	2.34%	2.34%	97.66%	Arena = 33.60%
Nº 8	2.380	3.20	1.02%	3.36%	96.64%	Limos y arcillas = 64.06%
Nº 10	2.000	0.70	0.22%	3.58%	96.42%	<b>Porcentajes que pasan :</b>
Nº 16	1.190	2.30	0.74%	4.32%	95.68%	% Pasa el Tamiz Nº 4 97.66%
Nº 20	0.840	1.40	0.45%	4.77%	95.23%	% Pasa el Tamiz Nº 10 96.42%
Nº 30	0.590	2.10	0.67%	5.44%	94.56%	% Pasa el Tamiz Nº 40 93.60%
Nº 40	0.426	3.00	0.96%	6.40%	93.60%	% Pasa el Tamiz Nº 200 64.06%
Nº 50	0.297	8.10	2.59%	8.99%	91.01%	D <sub>60</sub> : =
Nº 60	0.250	16.10	5.15%	14.14%	85.86%	D <sub>30</sub> : =
Nº 80	0.177	36.30	11.62%	25.76%	74.24%	D <sub>50</sub> : =
Nº 100	0.149	4.40	1.41%	27.17%	72.83%	Cc (Coeficiente de curvatura) :
Nº 200	0.074	27.40	8.77%	35.94%	64.06%	Cu (Coeficiente de Uniformidad) :
Fondo	0.01	200.20	64.06%	100.00%	0.00%	Clasificación S.U.C.S. : CL
<b>TOTAL</b>		<b>312.50</b>				Clasificación AASHTO : A-7-6(10)



Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: Nº 229006



**Proyecto:** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Localización del Proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marron con betas rojas Profundidad de la Muestra: 0.30 - 1.20m

**Identificación de la Muestra :** C-2 Operador : Bach Elvis Altamirano Ramos Calicata: C2-M II Fecha: 7/11/2016  
Bach José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada  Coordenadas Punto Muestreo: E:351928.0 S:9243187.0

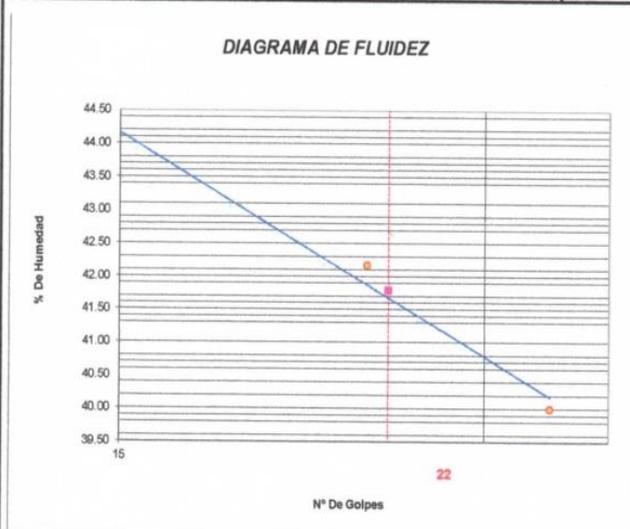
**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

**Determinación del Limite Líquido (N.T.P. 339.129)**

ASTM D-4318

Recipiente N°	16	17	18
Peso del recipiente grs.	16.70	21.60	17.20
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	58.50	57.10	59.20
Peso del suelo seco + recipiente grs.	45.65	46.57	47.20
Peso del agua grs.	12.85	10.53	12.00
Peso del suelo seco grs.	28.95	24.97	30.00
Contenido de Humedad %	44.39	42.17	40.00
Numero de Golpes	14	24	34



Límite Líquido (%)	41.79
Límite Plástico (%)	25.00
Índice de Plasticidad Ip (%)	16.79

**Determinación del Limite Plástico (N.T.P. 339.131)**

ASTM D-4318

Recipiente N°	G	H	I
Peso del recipiente grs.	9.08	11.45	10.25
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	21.52	22.89	22.10
Peso del suelo seco + recipiente grs.	18.97	20.66	19.73
Peso del agua grs.	2.55	2.23	2.37
Peso del suelo seco grs.	9.89	9.21	9.48
Contenido de humedad	25.78	24.21	25.00
Promedio del contenido de humedad LP		25.00	



Archenti Zagarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



**GRUPO 4D**  
INGENIERIA S.A.C.  
APORTANDO SOLUCIONES

**ÁREA DE ESTUDIOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.**

# ***CORTE DIRECTO SIN NIVEL FREÁTICO***



Archenti Zagarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingeneria@hotmail.com

**Proyecto :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Localización del proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN **Ubicación :** Av. Cesar Ruiz Reátegui  
**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marron con betas rojas **Profundidad de la Muestra:** 0.30 - 1.20m  
**Identificación de la Muestra :** C-2 **Operador :** Bach.Elvis Altamirano Ramos **Calicata:** C2-M II **Fecha:** 7/11/2016  
Bach.José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada  **Coordenadas Punto Muestreo:** E:351928.0 S:9243187.0  
**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico

**Determinación del contenido de humedad de un suelo N.T.P. 339.127** **ASTM 2216**

RECIPIENTE N°	15	16	17	18
Peso del recipiente grs.	102.30	98.50	107.10	98.60
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	440.20	460.30	480.60	451.90
Peso del suelo seco + recipiente grs.	382.30	398.40	416.20	390.90
Peso del agua grs.	57.90	61.90	64.40	61.00
Peso del suelo seco grs.	280.00	299.90	309.10	292.30
Contenido de humedad %	20.68	20.64	20.83	20.87
<b>Promedio de contenido de humedad %</b>	20.76			

**Observaciones :**

-----

-----



**Archenti Zegarra Joel Felipe**  
**Ingeniero Civil**  
**CIP: N° 229006**

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

<b>PROYECTO :</b>	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN	<b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b>	Arcilla de mediana plasticidad
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón	<b>ESTADO DEL SUELO:</b>	INALTERADO
<b>UBICACIÓN :</b>	SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN	<b>CERTIFICADO</b>	GRUPO 4D INGENIERIA -2016
<b>FECHA :</b>	NOVIEMBRE DEL 2016	<b>DISPOSITIVO UTILIZADO :</b>	ELECTRONICO
		<b>HORA DE ENSAYO</b>	11:00 a. m.

Calicata : C-02  
Muestra : M II

Profundidad : 0.30 - 1.20 m  
Estado : INALTERADO

Velocidad : 0.5 mm/min  
Clasificación SUCS : CL

ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3
<b>D. Humeda:</b> 1.96 gr/cm <sup>2</sup>	<b>D. Humeda:</b> 1.96 gr/cm <sup>2</sup>	<b>D. Humeda:</b> 1.96 gr/cm <sup>2</sup>
<b>D. Seca:</b> 1.62 gr/cm <sup>3</sup>	<b>D. Seca:</b> 1.62 gr/cm <sup>3</sup>	<b>D. Seca:</b> 1.62 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Humedad:</b> 20.76 %	<b>Humedad:</b> 20.76 %	<b>Humedad:</b> 20.76 %
<b>Esf. Normal :</b> 0.56 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Normal :</b> 1.11 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Normal :</b> 1.67 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esf. Corte:</b> 0.48 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Corte:</b> 0.61 kg/cm <sup>2</sup>	<b>Esf. Corte:</b> 0.76 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Area:</b> 31.72 cm <sup>2</sup>	<b>Area:</b> 31.72 cm <sup>2</sup>	<b>Area:</b> 31.72 cm <sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.11	0.19
0.06	0.12	0.22
0.12	0.16	0.28
0.18	0.19	0.34
0.30	0.23	0.40
0.45	0.24	0.44
0.60	0.26	0.47
0.75	0.28	0.50
0.90	0.31	0.54
1.05	0.32	0.57
1.20	0.34	0.60
1.50	0.36	0.63
1.80	0.38	0.67
2.10	0.39	0.68
2.40	0.43	0.74
2.70	0.47	0.80
3.00	0.48	0.82
3.60	0.47	0.80
4.20	0.46	0.77
4.80	0.47	0.77
5.40	0.46	0.76
6.00	0.46	0.74

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.14	0.13
0.06	0.16	0.14
0.12	0.20	0.18
0.18	0.23	0.21
0.30	0.27	0.24
0.45	0.30	0.26
0.60	0.33	0.29
0.75	0.34	0.31
0.90	0.37	0.33
1.05	0.41	0.36
1.20	0.43	0.38
1.50	0.47	0.41
1.80	0.51	0.44
2.10	0.54	0.47
2.40	0.57	0.50
2.70	0.60	0.53
3.00	0.60	0.52
3.60	0.61	0.52
4.20	0.58	0.50
4.80	0.59	0.49
5.40	0.59	0.49
6.00	0.59	0.49

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.18	0.11
0.06	0.20	0.12
0.12	0.23	0.14
0.18	0.27	0.16
0.30	0.32	0.19
0.45	0.35	0.21
0.60	0.39	0.23
0.75	0.41	0.24
0.90	0.44	0.26
1.05	0.49	0.29
1.20	0.52	0.31
1.50	0.58	0.34
1.80	0.64	0.37
2.10	0.69	0.40
2.40	0.73	0.42
2.70	0.76	0.44
3.00	0.75	0.43
3.60	0.76	0.43
4.20	0.73	0.41
4.80	0.73	0.40
5.40	0.73	0.40
6.00	0.74	0.40

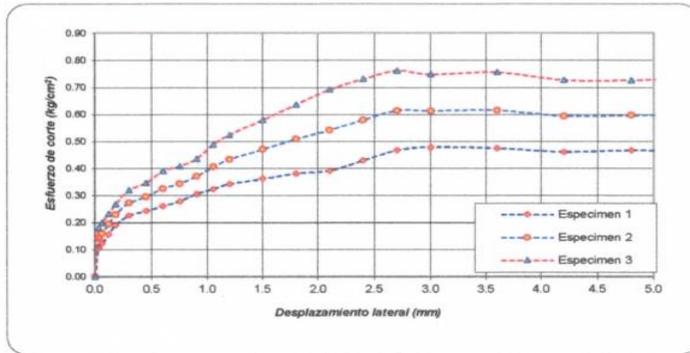
OBSERVACIONES:

La muestra ha sido extraída, colectada y transportada al laboratorio según normas establecidas en nuestro país.

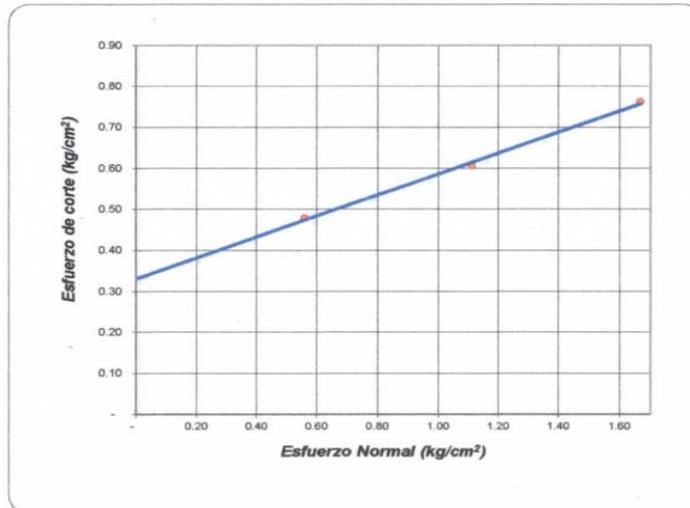
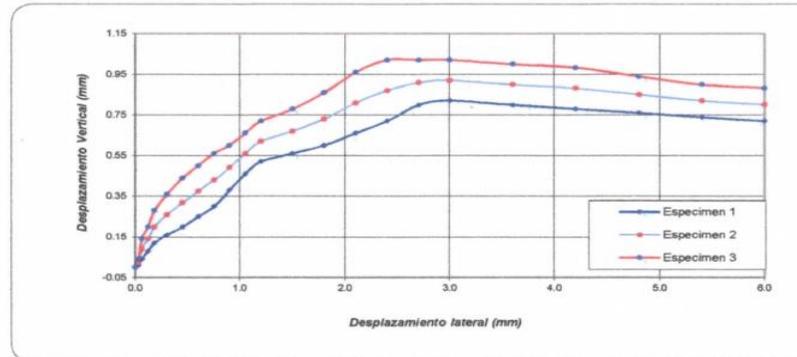


  
**Archenti Zegarra Joel Felipe**  
**Ingeniero Civil**  
**CIP: N° 229006**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**



ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080			
<b>PROYECTO :</b>	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón		
<b>UBICACIÓN :</b>	SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>FECHA :</b>	NOVIEMBRE DEL 2016		
Calicata : C-02	Profundidad : 0.30 - 1.20 m		
Muestra : M II	Estado : INALTERADO		
<b>Nº ANILLO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Esfuerzo normal	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de corte	0.48	0.61	0.76
<b>Resultados:</b>			
<b>Cohesión (c):</b>	0.34 kg/cm <sup>2</sup>		
<b>Ang. Fricción (φ):</b>	14 °		


  
 Archenti Zegarra Joel I  
 Ingeniero Civil  
 CIP: N° 229006

# ***CORTE DIRECTO CON NIVEL FREÁTICO***



*[Handwritten Signature]*  
**Archenti Zagarra Joel Felipe**  
**Ingeniero Civil**  
**CIP: N° 229006**



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com

**Proyecto :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Localización del proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN **Ubicación :** Av. Cesar Ruiz Reátegui

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marron con betas rojas **Profundidad de la Muestra:** 1.20 - 1.90 m NF

**Identificación de la Muestra :** C-2 **Operador :** Bach. Elvis Altamirano Ramos **Calicata:** C2-M III **Fecha:** 7/11/2016  
Bach. José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada  **Coordenadas Punto Muestreo:** E:351928.0 S:9243187.0

**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico

**Determinación del contenido de humedad de un suelo N.T.P. 339.127**
**ASTM 2216**

RECIPIENTE N°	19	20	21	22
Peso del recipiente grs.	99.30	101.30	98.50	103.20
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	489.90	471.00	483.80	465.10
Peso del suelo seco + recipiente grs.	399.00	385.30	394.20	380.90
Peso del agua grs.	90.90	85.70	89.60	84.20
Peso del suelo seco grs.	299.70	284.00	295.70	277.70
Contenido de humedad %	30.33	30.18	30.30	30.32
<b>Promedio de contenido de humedad %</b>	<b>30.28</b>			

**Observaciones :**

-----  
 -----



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

**DESCRIPCION DEL SUELO:** Arcilla de mediana plasticidad

**ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO

**CERTIFICADO:** GRUPO 4D INGENIERIA -2016

**DISPOSITIVO UTILIZADO:** ELECTRONICO

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL NIVEL FREATICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**SOLICITANTE:** Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón

**UBICACIÓN:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**FECHA:** NOVIEMBRE DEL 2016 **HORA DE ENSAYO:** 2:00 p. m.

Calicata: C-02  
Muestra: M III

Profundidad: NF 1.20 -1.90 m  
Estado: INALTERADO

Velocidad: 0.5 mm/min  
Clasificación SUCS: CL

### ESPECIMEN 1

**D. Humeda:** 2.08 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.60 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 30.28 %  
**Esf. Normal:** 0.56 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.21 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

**D. Humeda:** 2.08 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.60 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 30.28 %  
**Esf. Normal:** 1.11 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.30 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

**D. Humeda:** 2.08 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.60 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 30.28 %  
**Esf. Normal:** 1.67 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.42 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.06	0.11
0.06	0.08	0.14
0.12	0.10	0.17
0.18	0.11	0.19
0.30	0.11	0.21
0.45	0.13	0.24
0.60	0.14	0.25
0.75	0.15	0.27
0.90	0.17	0.30
1.05	0.18	0.31
1.20	0.19	0.33
1.50	0.20	0.34
1.80	0.20	0.34
2.10	0.21	0.36
2.40	0.19	0.33
2.70	0.19	0.33
3.00	0.17	0.30
3.60	0.18	0.30
4.20	0.17	0.28
4.80	0.17	0.28
5.40	0.16	0.27
6.00	0.16	0.27

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.07	0.06
0.06	0.08	0.08
0.12	0.10	0.09
0.18	0.11	0.10
0.30	0.12	0.11
0.45	0.14	0.12
0.60	0.15	0.14
0.75	0.18	0.16
0.90	0.20	0.18
1.05	0.22	0.20
1.20	0.24	0.21
1.50	0.27	0.24
1.80	0.28	0.24
2.10	0.29	0.26
2.40	0.28	0.25
2.70	0.30	0.26
3.00	0.29	0.26
3.60	0.29	0.25
4.20	0.28	0.24
4.80	0.28	0.24
5.40	0.27	0.23
6.00	0.28	0.23

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.08	0.05
0.06	0.09	0.05
0.12	0.10	0.06
0.18	0.11	0.07
0.30	0.12	0.07
0.45	0.14	0.08
0.60	0.17	0.10
0.75	0.21	0.12
0.90	0.24	0.14
1.05	0.27	0.16
1.20	0.30	0.18
1.50	0.34	0.20
1.80	0.36	0.21
2.10	0.38	0.22
2.40	0.39	0.23
2.70	0.42	0.24
3.00	0.42	0.24
3.60	0.42	0.24
4.20	0.42	0.23
4.80	0.41	0.23
5.40	0.41	0.22
6.00	0.41	0.22

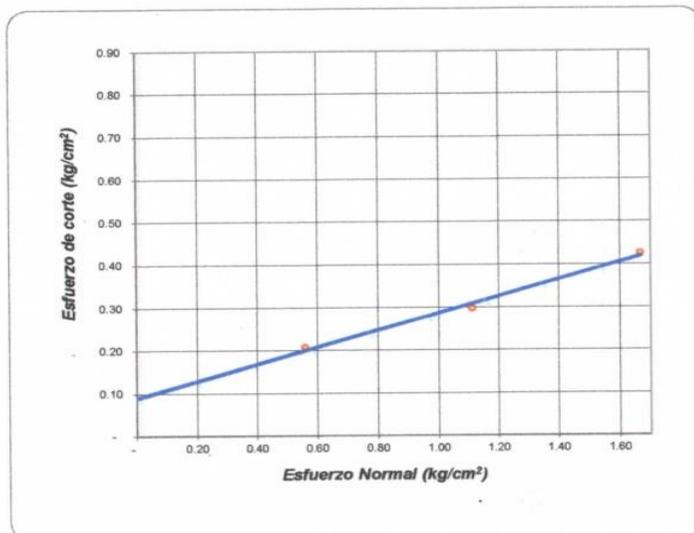
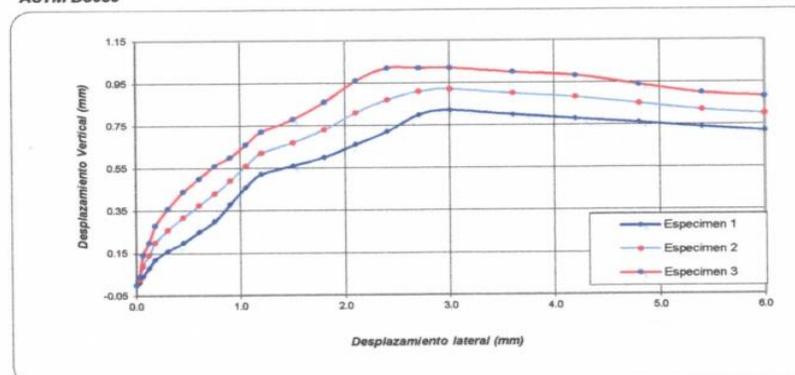
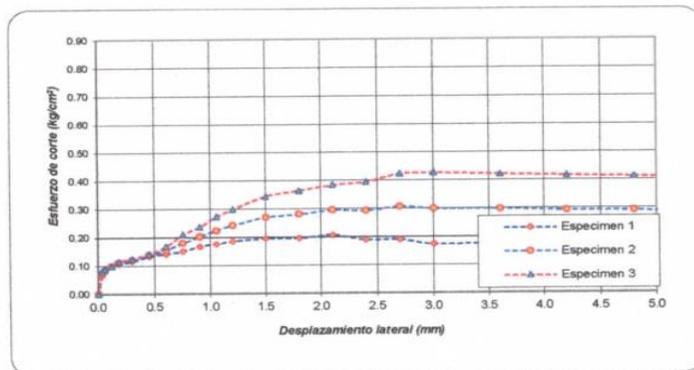
**OBSERVACIONES:** La muestra ha sido extraída, colectada y transportada al laboratorio según normas establecidas en nuestro país.



Archenti Zagarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080			
<b>PROYECTO :</b>	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón		
<b>UBICACIÓN :</b>	SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>FECHA :</b>	NOVIEMBRE DEL 2016		
<b>Calicata :</b>	C-02	<b>Profundidad :</b>	NF 1.20 -1.90 m
<b>Muestra :</b>	M III	<b>Estado :</b>	INALTERADO
<b>N° ANILLO</b>	1	2	3
<b>Esfuerzo normal</b>	0.56	1.11	1.67
<b>Esfuerzo de corte</b>	0.21	0.30	0.42

Resultados:	
<b>Cohesión (c):</b>	0.10 kg/cm2
<b>Ang. Fricción (φ):</b>	11 °



Archeni Zegarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



**GRUPO 4D**  
INGENIERIA S.A.C.  
APORTANDO SOLUCIONES

**ÁREA DE ESTUDIOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.**

# ***CALICATA N° 03***

## ***ENSAYOS DE LABORATORIO***

***CONTENIDO DE HUMEDAD***

***GRANULOMETRIA***

***LIMITES DE CONSISTENCIA***

***CORTE DIRECTO***



*Archenti Zegarra Joel Felipe*  
**Ingeniero Civil**  
**CIP: N° 229006**



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingeneria@hotmail.com

REGISTRO DE EXCAVACIÓN									
Ejecuta :		GRUPO 4D INGENIERIA S.A.C.					COORDENADAS		
Proyecto :		INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN					S 9243385.00	E 3520008.00	
Ubicación		SECTOR ASOCIACION DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN					Revizado :	J.A.Z	
Calicata N°		C-03	Nivel freático = 1.30	Prof. Exc.	3.00	(m)			
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACIÓN			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)		
			AASHTO	SUCS	SÍMBOLO				
-0.30	I	MATERIAL DE RELLENO				0.30	0.00		
NF -1.30	II	El suelo arcilla de mediana plasticidad de color marrón oscuro de consistencia media, LL=39.25%, LP=23.69%, con presencia de 71.51% de finos.	A-7-6(11)	CL		1.00	24.43		
-1.80	III					0.50	31.47		
-3.00									

**OBSERVACIONES:** Del registro de excavación que se muestra se ha extraído las muestras MAB y MIB para los ensayos correspondientes, los mismos que han sido extraídas, colectadas, transportadas y preparadas de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M, (registro sin escala)



Archenti Zagarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - N.T.P. 400.012 - ASTM D - 423**

**A.- DATOS GENERALES**

**Proyecto :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Localización del Proyecto :** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marrón oscuro Profundidad de la Muestra: 0.30 - 1.30m

**Hecho Por :** Bach. Elvis Altamirano Ramos Calicata: C3-M II  
Bach. José Y. Dávila Alarcón

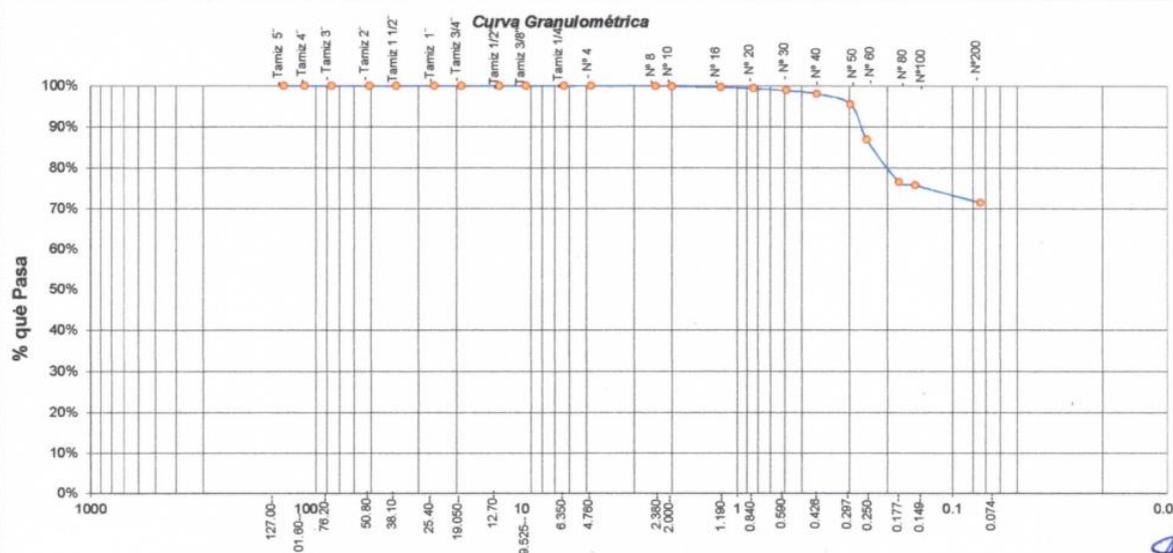
**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada

**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico  Coordenadas UTM : E:352008.0 S:9243385.0

**B.- DATOS TECNICOS**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012**

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DATOS TECNICOS DEL ENSAYO Y RESULTADOS
Ø	(mm)					
Tamiz 5"	127.00					Numero del recipiente : -
Tamiz 4"	101.60					Peso del recipiente : 0
Tamiz 3"	76.20					Peso del recipiente + suelo seco : 325.7
Tamiz 2"	50.80					Peso del suelo seco antes del lavado : 325.7
Tamiz 1 1/2"	38.10					<b>Resultados Obtenidos:</b>
Tamiz 1"	25.40					Contenido de humedad natural = 24.43
Tamiz 3/4"	19.050					Limite Liquido = 39.25
Tamiz 1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Limite Plástico = 23.69
Tamiz 3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Índice Plástico = 15.56
Tamiz 1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Grava = 0.00%
Nº 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Arena = 28.49%
Nº 8	2.380	0.30	0.09%	0.09%	99.91%	Limos y arcillas = 71.51%
Nº 10	2.000	0.10	0.03%	0.12%	99.88%	<b>Porcentajes que pasan :</b>
Nº 16	1.190	0.70	0.21%	0.34%	99.66%	% Pasa el Tamiz Nº 4 100.00%
Nº 20	0.840	0.90	0.28%	0.61%	99.39%	% Pasa el Tamiz Nº 10 99.88%
Nº 30	0.590	1.50	0.46%	1.07%	98.93%	% Pasa el Tamiz Nº 40 98.10%
Nº 40	0.426	2.70	0.83%	1.90%	98.10%	% Pasa el Tamiz Nº 200 71.51%
Nº 50	0.297	8.30	2.55%	4.45%	95.55%	D <sub>60</sub> : =
Nº 60	0.250	27.90	8.57%	13.02%	86.98%	D <sub>30</sub> : =
Nº 80	0.177	33.70	10.35%	23.37%	76.63%	D <sub>50</sub> : =
Nº 100	0.149	2.60	0.80%	24.16%	75.84%	Cc (Coeficiente de curvatura) :
Nº 200	0.074	14.10	4.33%	28.49%	71.51%	Cu (Coeficiente de Uniformidad) :
Fondo	0.01	232.90	71.51%	100.00%	0.00%	<b>Clasificación S.U.C.S.</b> : CL
<b>TOTAL</b>		<b>325.70</b>				<b>Clasificación AASHTO</b> : A7-6(11)



Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: Nº 229006

**Proyecto:** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Localización del Proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marrón oscuro Profundidad de la Muestra: 0.30 - 1.30m

**Identificación de la Muestra :** C-3 Operador : Bach. Elvis Altamirano Ramos Calicata: C3-M II Fecha: 24/08/2016  
Bach. José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada  **Coordenadas Punto Muestreo:** E:352008.0 S:9243385.0

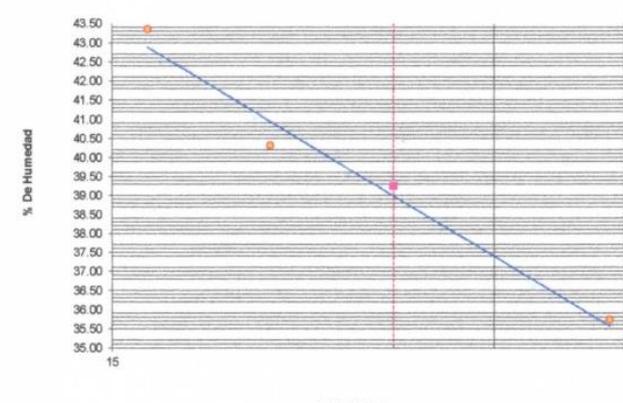
**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

**Determinación del Límite Líquido (N.T.P. 339.129) ASTM D-4318**

Recipiente N°	19	20	21
Peso del recipiente grs.	16.80	13.30	12.30
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	53.90	48.80	49.90
Peso del suelo seco + recipiente grs.	42.68	38.60	40.00
Peso del agua grs.	11.22	10.20	9.90
Peso del suelo seco grs.	25.88	25.30	27.70
Contenido de Humedad %	<b>43.35</b>	<b>40.32</b>	<b>35.74</b>
Numero de Golpes	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>37</b>

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Límite Líquido (%)	39.25
Límite Plástico (%)	23.69
Índice de Plasticidad Ip (%)	15.56

**Determinación del Límite Plástico (N.T.P. 339.131) ASTM D-4318**

Recipiente N°	D	E	F
Peso del recipiente grs.	9.15	11.01	12.20
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	20.71	21.16	24.45
Peso del suelo seco + recipiente grs.	18.54	19.18	22.10
Peso del agua grs.	2.17	1.98	2.35
Peso del suelo seco grs.	9.39	8.17	9.90
Contenido de humedad	23.11	24.24	23.74
Promedio del contenido de humedad LP		23.69	



Archenti Zegarra Joel Felipe  
 Ingeniero Civil  
 CIP: N° 229006



**GRUPO 4D**  
INGENIERIA S.A.C.  
APORTANDO SOLUCIONES

**ÁREA DE ESTUDIOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.**

# ***CORTE DIRECTO SIN NIVEL FREÁTICO***



*Archenti Zagarra Joel Felipe*  
**Ingeniero Civil**  
**CIP: N° 229006**



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com

**Proyecto :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES  
SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Localización del proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA,  
PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Ubicación :** Av. Cesar Ruiz Reátegui

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marrón oscuro

**Profundidad de la Muestra:** 0.30 - 1.30m

**Identificación de la Muestra :** C-3

**Operador :** Bach. Elvis Altamirano Ramos

**Calicata:** C3-M II

**Fecha:** 24/08/2016

Bach. José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :**

Alterada

No alterada

Remoldeada

**Coordenadas Punto Muestreo:** E:352008.0

S:9243385.0

**Extracción de Muestra :**

Cliente

Técnico

**Determinación del contenido de humedad de un suelo N.T.P. 339.127**

**ASTM 2216**

RECIPIENTE N°	31	32	33	34
Peso del recipiente grs.	99.88	98.50	105.17	104.43
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	443.90	455.26	495.00	473.80
Peso del suelo seco + recipiente grs.	376.00	385.10	419.30	401.00
Peso del agua grs.	67.90	70.16	75.70	72.80
Peso del suelo seco grs.	276.12	286.60	314.13	296.57
Contenido de humedad %	24.59	24.48	24.10	24.55
<b>Promedio de contenido de humedad %</b>	24.43			

**Observaciones :**



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

**PROYECTO :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**SOLICITANTE :** Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón

**UBICACIÓN :** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**FECHA :** NOVIEMBRE DEL 2016

**DESCRIPCION DEL SUELO:** Arcilla de mediana plasticidad

**ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO

**CERTIFICADO** GRUPO 4D INGENIERIA -2016

**DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO

**HORA DE ENSAYO** 3:30 p. m.

Calicata : C-03  
Muestra : M II

Profundidad : 0.30 -1.30 m  
Estado : INALTERADO

Velocidad : 0.5 mm/min  
Clasificación SUCS: CL

### ESPECIMEN 1

**D. Humeda:** 2.02 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.63 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 24.43 %  
**Esf. Normal :** 0.56 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.46 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

**D. Humeda:** 2.02 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.63 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 24.43 %  
**Esf. Normal :** 1.11 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.61 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

**D. Humeda:** 2.02 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.63 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 24.43 %  
**Esf. Normal :** 1.67 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.77 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.10	0.17
0.06	0.12	0.22
0.12	0.15	0.27
0.18	0.18	0.33
0.30	0.22	0.39
0.45	0.24	0.44
0.60	0.26	0.47
0.75	0.29	0.51
0.90	0.31	0.54
1.05	0.32	0.57
1.20	0.36	0.63
1.50	0.40	0.70
1.80	0.42	0.73
2.10	0.46	0.80
2.40	0.46	0.79
2.70	0.45	0.77
3.00	0.45	0.77
3.60	0.46	0.77
4.20	0.45	0.76
4.80	0.46	0.76
5.40	0.46	0.76
6.00	0.46	0.74

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.14	0.13
0.06	0.17	0.16
0.12	0.22	0.19
0.18	0.26	0.23
0.30	0.29	0.26
0.45	0.32	0.29
0.60	0.35	0.31
0.75	0.39	0.34
0.90	0.42	0.37
1.05	0.44	0.39
1.20	0.47	0.41
1.50	0.51	0.45
1.80	0.54	0.47
2.10	0.58	0.51
2.40	0.58	0.51
2.70	0.58	0.51
3.00	0.59	0.51
3.60	0.60	0.52
4.20	0.60	0.51
4.80	0.60	0.51
5.40	0.61	0.51
6.00	0.60	0.50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.18	0.11
0.06	0.22	0.13
0.12	0.28	0.17
0.18	0.33	0.20
0.30	0.36	0.22
0.45	0.40	0.24
0.60	0.44	0.26
0.75	0.49	0.29
0.90	0.53	0.31
1.05	0.55	0.32
1.20	0.58	0.34
1.50	0.62	0.36
1.80	0.66	0.39
2.10	0.70	0.41
2.40	0.73	0.42
2.70	0.73	0.42
3.00	0.75	0.43
3.60	0.76	0.43
4.20	0.77	0.43
4.80	0.77	0.43
5.40	0.77	0.42
6.00	0.77	0.42

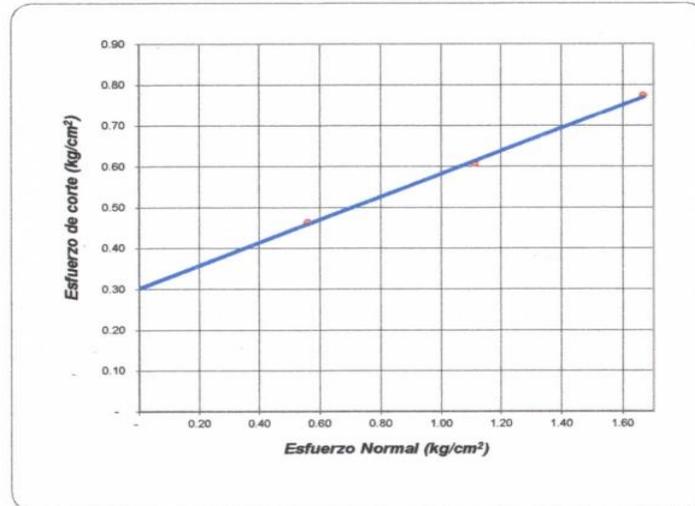
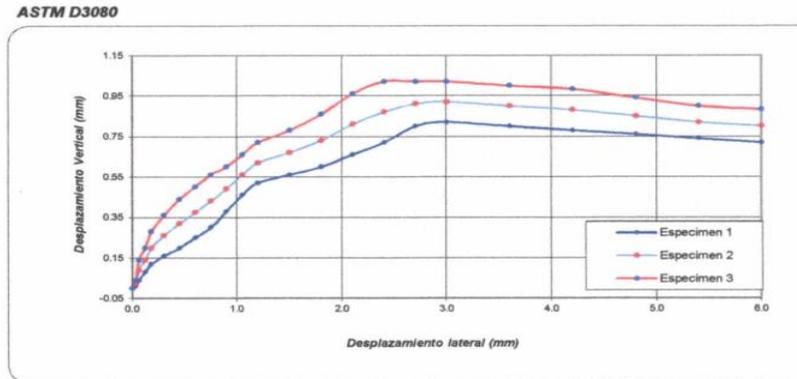
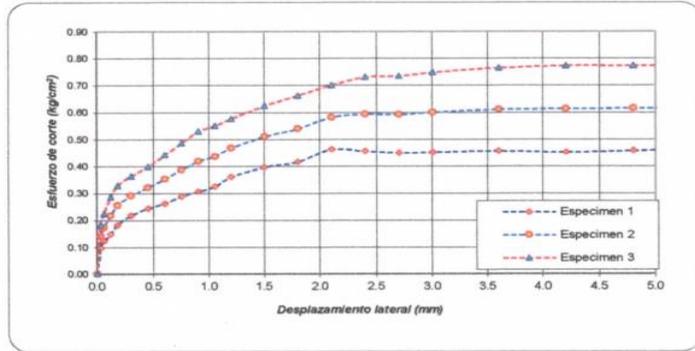
OBSERVACIONES:

La muestra ha sido extraída, colectada y transportada al laboratorio según normas establecidas en nuestro país.

Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080			
<b>PROYECTO :</b>	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach. Elvís K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón		
<b>UBICACIÓN :</b>	SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>FECHA :</b>	NOVIEMBRE DEL 2016		
<b>Calicata :</b>	C-03	<b>Profundidad :</b>	0.30 -1.30 m
<b>Muestra :</b>	M II	<b>Estado :</b>	INALTERADO
<b>Nº ANILLO</b>	1	2	3
<b>Esfuerzo normal</b>	0.56	1.11	1.67
<b>Esfuerzo de corte</b>	0.46	0.61	0.77

Resultados:	
<b>Cohesión (c):</b>	0.30 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ang. Fricción (φ):</b>	16 °



Archenti Zegarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



**GRUPO 4D**  
INGENIERIA S.A.C.  
APORTANDO SOLUCIONES

**ÁREA DE ESTUDIOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.**

# ***CORTE DIRECTO CON NIVEL FREÁTICO***



*Archenti Zegarra Joel Felipe*  
**Ingeniero Civil**  
**CIP: N° 229006**



R.U.C. :  
DIRECCION :  
CORREO ELECTRONICO :

20605918141  
JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
grupo4dingenieria@hotmail.com

**Proyecto :** INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**Localización del proyecto:** SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA, PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN **Ubicación :** Av. Cesar Ruiz Reátegui

**Descripción del Suelo:** Arcilla de mediana plasticidad de color marrón oscuro **Profundidad de la Muestra:** 1.30- 1.80m NF

**Identificación de la Muestra :** C-3 **Operador :** Bach. Elvis Altamirano Ramos **Calicata:** C3-M III **Fecha:** 24/08/2016  
Bach. José Y. Dávila Alarcón

**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada  Remoldeada  **Coordenadas Punto Muestreo:** E:352008.0 S:9243385.0

**Extracción de Muestra :** Cliente  Técnico

**Determinación del contenido de humedad de un suelo N.T.P. 339.127**

**ASTM 2216**

RECIPIENTE N°	35	36	37	38
Peso del recipiente grs.	100.70	105.67	106.20	99.70
Peso del suelo húmedo + recipiente grs.	465.20	473.26	490.00	489.90
Peso del suelo seco + recipiente grs.	377.20	385.10	398.20	397.40
Peso del agua grs.	88.00	88.16	91.80	92.50
Peso del suelo seco grs.	276.50	279.43	292.00	297.70
Contenido de humedad %	31.83	31.55	31.44	31.07
<b>Promedio de contenido de humedad %</b>	<b>31.47</b>			

**Observaciones :**

-----

-----

  
Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

**DESCRIPCION DEL SUELO:** Arcilla de mediana plasticidad

INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION  
DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN  
CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD

**PROYECTO:** PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE  
SAN MARTIN

**ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO

**SOLICITANTE** Bach. Elvis K. Altamirano Ramos y Bach. José Y. Dávila Alarcón

**CERTIFICADO** GRUPO 4D INGENIERIA -2016

SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI,  
**UBICACIÓN:** DISTRITO DE PUCACA PROVINCIA DE PICOTA,  
DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

**DISPOSITIVO UTILIZADO:** ELECTRONICO

**FECHA:** NOVIEMBRE DEL 2016

**HORA DE ENSAYO**

5:00 p. m.

Calicata : C-03

Profundidad : NF1.30 -1.80 m

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M III

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: CL

### ESPECIMEN 1

**D. Humeda:** 2.08 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.60 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 31.47 %  
**Esf. Normal :** 0.56 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.22 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 2

**D. Humeda:** 2.08 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.60 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 31.47 %  
**Esf. Normal :** 1.11 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.33 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

### ESPECIMEN 3

**D. Humeda:** 2.08 gr/cm<sup>2</sup>  
**D. Seca:** 1.60 gr/cm<sup>3</sup>  
**Humedad:** 31.47 %  
**Esf. Normal :** 1.67 kg/cm<sup>2</sup>  
**Esf. Corte:** 0.48 kg/cm<sup>2</sup>  
**Area:** 31.72 cm<sup>2</sup>

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.06	0.11
0.06	0.08	0.14
0.12	0.10	0.17
0.18	0.11	0.19
0.30	0.11	0.21
0.45	0.13	0.24
0.60	0.14	0.25
0.75	0.15	0.27
0.90	0.17	0.30
1.05	0.18	0.31
1.20	0.19	0.33
1.50	0.20	0.34
1.80	0.21	0.36
2.10	0.22	0.37
2.40	0.20	0.34
2.70	0.20	0.34
3.00	0.19	0.33
3.60	0.19	0.33
4.20	0.19	0.31
4.80	0.19	0.31
5.40	0.18	0.30
6.00	0.18	0.30

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.08	0.07
0.06	0.09	0.08
0.12	0.11	0.09
0.18	0.12	0.11
0.30	0.13	0.12
0.45	0.15	0.13
0.60	0.16	0.14
0.75	0.18	0.16
0.90	0.22	0.19
1.05	0.23	0.21
1.20	0.27	0.24
1.50	0.29	0.26
1.80	0.31	0.27
2.10	0.33	0.29
2.40	0.32	0.28
2.70	0.33	0.29
3.00	0.32	0.28
3.60	0.32	0.28
4.20	0.30	0.26
4.80	0.31	0.26
5.40	0.30	0.26
6.00	0.31	0.26

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00
0.03	0.09	0.05
0.06	0.11	0.06
0.12	0.11	0.07
0.18	0.13	0.08
0.30	0.15	0.09
0.45	0.17	0.10
0.60	0.18	0.11
0.75	0.22	0.13
0.90	0.26	0.16
1.05	0.29	0.17
1.20	0.36	0.21
1.50	0.39	0.23
1.80	0.41	0.24
2.10	0.44	0.26
2.40	0.46	0.26
2.70	0.48	0.27
3.00	0.46	0.26
3.60	0.46	0.26
4.20	0.44	0.25
4.80	0.45	0.25
5.40	0.44	0.24
6.00	0.45	0.24

**OBSERVACIONES:**

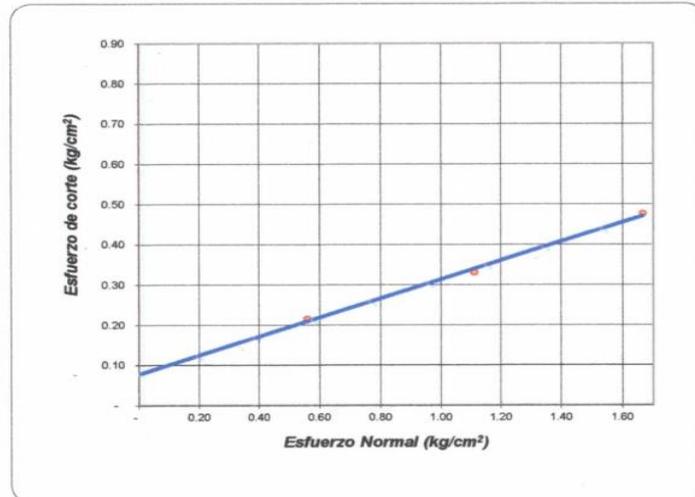
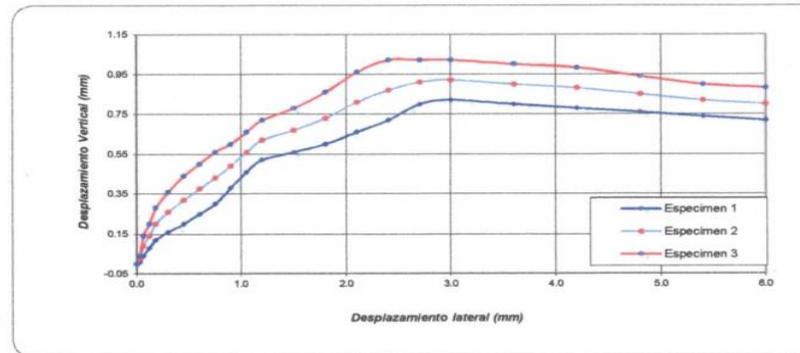
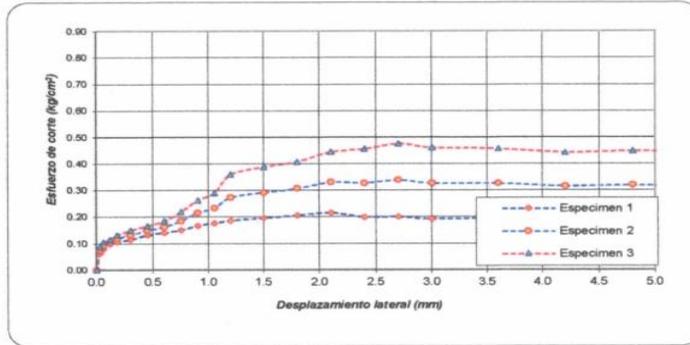
La muestra ha sido extraída, colectada y transportada al laboratorio según normas establecidas en nuestro país.



Archenti Zegarra Joel Felipe  
Ingeniero Civil  
CIP: N° 229006

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL**

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080			
<b>PROYECTO :</b>	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD PUCACACA- PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>SOLICITANTE :</b>	Bach.Elvis K. Altamirano Ramos y Bach.José Y. Dávila Alarcón		
<b>UBICACIÓN :</b>	SECTOR ASOCIACIÓN DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACA PROVINCIA DE PICOTA , DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		
<b>FECHA :</b>	NOVIEMBRE DEL 2016		
	Calicata : C-03	Profundidad : NF1.30 -1.80 m	
	Muestra : M III	Estado : INALTERADO	
<b>Nº ANILLO</b>	1	2	3
<b>Esfuerzo normal</b>	0.56	1.11	1.67
<b>Esfuerzo de corte</b>	0.22	0.33	0.48

Resultados:	
<b>Cohesión (c):</b>	0.09 kg/cm2
<b>Ang. Fricción (φ):</b>	13 °

 Archenti Zegarra Joel Felipe  
**Ingeniero Civil**  
CIP: N° 229006



**GRUPO 4D**  
INGENIERIA S.A.C.  
APORTANDO SOLUCIONES

ÁREA DE ESTUDIOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.

# DENSIDAD DEL SUELO



R.U.C. : 20605918141  
DIRECCION : JR. FRANCISCO IZQUIERDO RÍOS N° 447-MORALES  
CORREO ELECTRONICO : grupo4dingenieria@hotmail.com

INFORME DE LABORATORIO N°

GC-01- 2021

DENSIDAD DEL SUELO IN SITU - METODO CONO DE ARENA							
N.T.P. 339.143 - NORMA ASTM-D-1556							
OBRA	INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE LA LOCALIDAD DE PUCACACA PROVINCIA DE PICOTA REGIÓN DE SAN MARTÍN						
UBICACIÓN	SECTOR ASOCIACION DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI, DISTRITO DE PUCACACA -DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN						
FECHA	: 7/11/2016	TEC	: W.V.Y				
MATERIAL	: ARCILLAS DE MEDIANA PLASTICIDAD		MUESTRA	:			
TRAMO	Av. Cesar Ruiz Redéguí, SECTOR ASOCIACION DE VIVIENDA CESAR RUIZ REATEGUI					ING. RESP	: J.A.Z
DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACION							
Método	: N.T.P. 339.142 - ASTM D- 698					gr/cc	
Densidad Máxima Seca						gr/cc	
Peso Especifico de la Grava	gr/cc	Humedad Optima					%
ENSAYOS N°	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Capa							
Espesor (m)							
Lado							
Módulo							
1 - Peso Inicial de la Arena a utilizar para llenar el Hoyo de prueba + Cono + Placa Base	7435	7351	7274				
2 - Peso Restante de la Arena utilizada para llenar el Hoyo de prueba + Cono + Placa Base	2778	2667	2683				
3 - Peso Arena del Hoyo + Cono + Plato Base (1-2)	4657	4684	4591				
4 - Peso Arena necesario para llenar el Cono+Placa Base	1649	1649	1649				
5 - Peso Arena del Hoyo (3-4)	3008	3035	2942				
6 - Densidad de la Arena (gr/cc)	1.400	1.400	1.400				
7 - Volumen del Hoyo (5/6)	2148.57	2167.86	2101.43				
8 - Peso del Material	3945	4250	4255				
9 - Peso del Deposito o Recipiente Grava							
10 - Peso del total del Material - Grava (8-9)	3945	4250	4255				
11 - Peso de la Grava Extraído (Retenido en la Malla N° 3/4")							
12 - Peso Especifico de la Grava (gr/cc)							
13 - Volumen de la Grava (11/12)							
14 - Peso del Material (10-11)	3945	4250	4255				
15 - Volumen del Material (7-13)	2149	2168	2101				
16 - Densidad Húmeda del Material (14/15) (gr/cc)	1.84	1.96	2.02				
17 - Humedad del Material (100%)	24.58	20.76	24.43				
18 - Densidad Seca del Material(16/17) (gr/cc)	1.47	1.62	1.63				
19 - Máxima Densidad del Proctor (gr/cc)							
20 - Porcentaje de Compactación ((18/19)*100)							
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Con Speedy - N.T.P. 339.250 (ASHTO T -217)							
Recipiente N°							
Peso Recip. Mas Suelo Húmedo (gr)							
Peso Recip. Mas Suelo Seco (gr)							
Peso del Recipiente (gr)							
Peso del Agua (gr)							
Peso de la muestra seca (gr)							
% de humedad - N.T.P. 339.127 (AASHTO T - 265)							
OBSERVACION	: LAS PRUEBAS REALIZADAS DE DENSIDAD DE CAMPO, SE EJECUTÓ UNA PROFUNDIDAD MENOR CON RESPECTO AL NIVEL FREÁTICO						


 SPEEDY  
 N.T.P. 339.250

 Archenti Zegarra Joel Felipe  
 Ingeniero Civil  
 CIP: N° 229006