

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL
SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE
TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN, REGIÓN SAN
MARTÍN”**

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

POR:

BACHILLER: HELENY DEL CARMEN CHÁVEZ RAMÍREZ

ASESOR: DR. ING° SERBANDO SOPLOPUCO QUIROGA

**TARAPOTO – PERÚ
2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL
SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE
TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN, REGIÓN
SAN MARTÍN”**

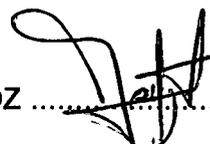
**TESIS
PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

POR:

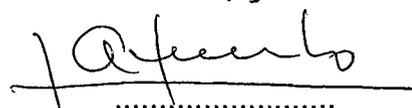
BACHILLER: HELENY DEL CARMEN CHÁVEZ RAMÍREZ

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

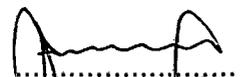
PRESIDENTE : ING°.MSc. ENRIQUE NAPOLEÓN MARTÍNEZ QUIROZ



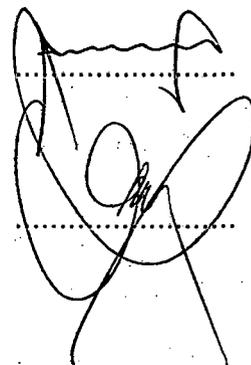
SECRETARIO : ING°. MSc. WILTON CELIS ÁNGULO



MIEMBRO : ING°. CARLOS SEGUNDO HUAMÁN TORREJÓN



ASESOR : DR. ING°. SERBANDO SOPLOPUCO QUIROGA



DEDICATORIA

A mis Padres: **Carmen y Henry Luis**; porque a pesar de sus aciertos y desaciertos, me brindan lo mejor de ellos; por su apoyo incondicional y por transmitirme esas ganas de salir siempre adelante y ser mejor persona cada día.

A mi hermano: **Henry Humberto Junior**; por su constante apoyo y compañía durante mis años de estudio, esperando ser para él un buen ejemplo y pueda pronto cumplir sus propias metas.

A **FEJOTAHE: Tatiana, Fátima y José Carlos**, por su amistad, compañía y apoyo, por compartir conmigo mis alegrías y darme fortaleza en mis momentos de tristeza, porque crecemos y aprendemos juntos de la vida.

Heleny del Carmen Chávez Ramírez

Autora

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Por la vida, por ser guía y fortaleza en los buenos y malos momentos que nos toca afrontar.

A mi Asesor:

Dr. Ing. **Serbando Soplopucó Quiroga**, por brindar su tiempo y conocimiento en la realización y culminación de la presente Tesis.

A mi Alma Mater:

Universidad Nacional de San Martín, especialmente a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por los años de enseñanza brindadas durante mi paso por sus aulas, las cuales contribuyeron en la formación y desarrollo de mi conocimiento, y pueda así desempeñarme como una buena profesional.

A mi amiga Kely Flores Pinedo:

Por el apoyo incondicional en el desarrollo y culminación de la presente tesis y por la amistad que forjamos durante nuestros años de estudio.

A mi amigo Abel Macedo Saurin:

Por su constante apoyo y palabras de aliento en la realización de la presente tesis.

A los Ingenieros Lizbeth Casas y Jaime Rengifo:

Por el apoyo y la consideración brindada durante la realización de la presente tesis y por inculcar en mí ese deseo de aprender y ser mejor profesional cada día.

A la Familia Layza Mendiola:

Por el apoyo que me brindaron durante mis años de estudio, y por el cariño y amistad que nos une.

Heleny del Carmen Chávez Ramírez

Autora

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
CARÁTULA	
APROBACIÓN DE TEXTOS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN EN CASTELLANO	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación.....	3
1.3 Aspectos Generales del Estudio.....	4
1.3.1 Aspectos Físicos.....	4
1.3.1.1 Ubicación del Área de Estudio.....	4
1.3.1.2 Vías de Acceso.....	6
1.3.1.3 Clima.....	7
1.3.1.4 Vientos.....	8
1.3.1.5 Hidrología.....	8
1.3.1.6 Geología y Geomorfología.....	9
1.3.1.7 Sismicidad.....	11
1.3.1.8 Topografía del Área de Estudio.....	12
1.3.2 Aspectos biológicos.....	12
1.3.2.1 Flora.....	12
1.3.2.2 Fauna.....	13
1.3.3 Aspectos Socioeconómicos.....	14
1.3.3.1 Población.....	14
1.3.3.2 Migración.....	15
1.3.3.3 Educación.....	15
1.3.3.4 Salud.....	16
1.3.3.5 Servicios.....	17
1.3.3.6 Actividad Económica.....	19

1.3.3.7	Actividad Socioculturales.....	22
II.	MARCO TEÓRICO.....	27
2.1	Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver.....	27
2.1.1	Antecedentes del Problema.....	27
2.1.2	Planteamiento del Problema.....	28
2.1.3	Delimitación del Problema.....	28
2.1.4	Formulación del Problema.....	29
2.2	Objetivos.....	30
2.2.1	Objetivo General.....	30
2.2.2	Objetivos Específicos.....	30
2.3	Justificación de la Investigación.....	30
2.4	Delimitación de la Investigación.....	31
2.5	Marco Teórico.....	32
2.5.1	Antecedentes de la Investigación.....	32
2.5.2	Fundamentación Teórica de la Investigación.....	33
2.5.3	Marco Conceptual.....	115
2.5.4	Marco Histórico.....	117
2.6	Hipótesis.....	118
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	119
3.1	Materiales.....	119
3.1.1	Recursos Humanos.....	119
3.1.2	Recursos Materiales.....	119
3.1.3	Recursos de Equipos.....	119
3.1.4	Otros Recursos.....	120
3.2	Metodología.....	120
3.2.1	Universo y Muestra.....	120
3.2.2	Sistema de Variables.....	120
3.2.3	Diseño de la Investigación.....	121
3.2.4	Diseño de Instrumentos.....	121
3.2.5	Procesamiento de la Información.....	122
3.2.6	Procesamiento de Datos.....	130

IV.	RESULTADOS	166
4.1	Exploración de Suelos.....	166
4.2	Ensayos de Laboratorio.....	167
4.3	Determinación de la Capacidad Portante.....	175
4.4	Determinación del Asentamiento Elástico.....	176
4.5	Regresión Múltiple.....	177
V.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	179
5.1	Exploración de Suelos.....	179
5.2	Ensayos de Laboratorio.....	180
5.3	Determinación de la Capacidad Portante.....	184
5.4	Regresión Múltiple.....	186
5.5	Selección de Alternativas.....	187
5.6	Contrastación de la Hipótesis.....	188
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	191
6.1	Conclusiones.....	191
6.2	Recomendaciones.....	192
VII.	BIBLIOGRAFÍA	194
VIII.	ANEXOS	198
8.1	ANEXO N°01: Estudio de Mecánica de Suelos.....	199
8.2	ANEXO N°02: Información Meteorológica del SENAMHI.....	340
8.3	ANEXO N°03: Panel Fotográfico.....	342
8.4	ANEXO N° 04: Planos.....	386

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01. Superficie de Áreas Geográficas.....	6
TABLA N° 02. Precipitación Total Mensual – Estación Tarapoto.....	7
TABLA N° 03. Temperatura Media Mensual – Estación Tarapoto.....	8
TABLA N° 04. Población Nominalmente Censada.....	14
TABLA N° 05. Densidad Poblacional.....	14
TABLA N° 06. Nivel Educativo del Distrito de Tarapoto.....	16
TABLA N° 07. Alumbrado en el Distrito de Tarapoto.....	18
TABLA N° 08. Principales Actividades Económicas.....	20
TABLA N° 09. Conclusiones del Trabajo de Investigación.....	32
TABLA N° 10. Tipos de Edificaciones.....	49
TABLA N° 11. Tipos de Muestras.....	55
TABLA N° 12. Sistemas para identificar el tamaño de partículas.....	57
TABLA N° 13. Serie ASTM de Tamices.....	61
TABLA N° 14. Clasificación de los Suelos Sistema AAHSTO.....	80
TABLA N° 15. Factores de Capacidad de Carga de Terzaghi.....	93
TABLA N° 16. Factores de Capacidad de Carga Modificados de Terzaghi.....	95
TABLA N° 17. Factores de Capacidad de Carga según Vesic.....	102
TABLA N° 18. Variación del Factor de Influencia.....	108
TABLA N° 19. Módulo de Poisson.....	110
TABLA N° 20. Módulo de Elasticidad (Es).....	110

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 01. Datos para el Cálculo de SC_R	163
CUADRO N° 02. Datos para el Cálculo de SC_T	164
CUADRO N° 03. Resultados de la Exploración de Campo - Resumen.....	166
CUADRO N° 04. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 01.....	167
CUADRO N° 05. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 02.....	167
CUADRO N° 06. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 03.....	168
CUADRO N° 07. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 04.....	168
CUADRO N° 08. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 05.....	169
CUADRO N° 09. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 06.....	169
CUADRO N° 10. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 07.....	170
CUADRO N° 11. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 08.....	170
CUADRO N° 12. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 09.....	171
CUADRO N° 13. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 10.....	171
CUADRO N° 14. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 11.....	172
CUADRO N° 15. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 12.....	172
CUADRO N° 16. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 13.....	173
CUADRO N° 17. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 14.....	173
CUADRO N° 18. Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 15.....	174
CUADRO N° 19. Resultados de los Capacidad Portante del Suelo - Resumen.....	175
CUADRO N° 20. Resultados del Asentamiento Elástico del Suelo - Resumen.....	176
CUADRO N° 21. Resumen de Regresión Múltiple.....	177
CUADRO N° 22. Ecuación de Regresión Múltiple.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01. Ubicación del Proyecto.....	5
FIGURA N° 02. Estación Meteorológica "Tarapoto".....	7
FIGURA N° 03. Cuadrángulo Geológico 13-k.....	10
FIGURA N° 04. Regionalización Sísmica.....	11
FIGURA N° 05. Variedad de la Flora de la Zona.....	12
FIGURA N° 06. Variedad Ornitológica de la Zona.....	13
FIGURA N° 07. Planta de Tratamiento del Sistema Cachiyacu.....	19
FIGURA N° 08. Vista de la Plaza de Armas de Tarapoto.....	21
FIGURA N° 09. Esquema de la Estructura y Textura de los Suelos.....	36
FIGURA N° 10. Acomodo de la Partículas de Suelo.....	37
FIGURA N° 11. Esquema de la Estructura de los Suelos Cohesivos.....	37
FIGURA N° 12. Esquema de la Lámina Silícica de Minerales Arcillosos.....	38
FIGURA N° 13. Esquema de la Lámina Alumínica de Minerales Arcillosos.....	38
FIGURA N° 14. Esquema de una Muestra de Suelo, en tres fases.....	41
FIGURA N° 15. Herramientas para Sondeos por Perforaciones.....	52
FIGURA N° 16. Tamices para el Análisis de Suelo de Grano Grueso.....	60
FIGURA N° 17. Curvas de Distribución del Tamaño de Partículas.....	62
FIGURA N° 18. Curvas de Distribución del Tamaño de Partículas de cinco suelo.....	63
FIGURA N° 19. Consistencia del Suelo según el Contenido de Humedad.....	64
FIGURA N° 20. Determinación del Límite Líquido del Suelo.....	65
FIGURA N° 21. Plasticidad en Suelos.....	66
FIGURA N° 22. Variación del Volumen respecto al Contenido de Humedad.....	67
FIGURA N° 23. Definición de los Límites de Atterberg.....	68
FIGURA N° 24. Curva de Fluidez.....	68
FIGURA N° 25. Carta de Plasticidad.....	76
FIGURA N° 26. Variación del Límite Líquido e Índice de Plasticidad.....	79
FIGURA N° 27. Gráfico para Determinar la Presión de Consolidación.....	83
FIGURA N° 28. Consolidación de una Arcilla Normalmente Consolidada.....	83
FIGURA N° 29. Consolidación de una Arcilla Sobreconsolidada.....	84
FIGURA N° 30. Falla General por Corte.....	89
FIGURA N° 31. Falla Local por Corte.....	90
FIGURA N° 32. Falla de Corte por Punzonamiento.....	90

FIGURA N° 33. Falla por Capacidad de Carga Bajo una Cimentación Corrida.....	91
FIGURA N° 34. Modificación de las Ecuaciones de Capacidad de Carga por N.....	97
FIGURA N° 35. Distribución de Presiones por una Carga Puntual "P".....	104
FIGURA N° 36. Distribución de Presiones por una Carga Distribuida.....	104
FIGURA N° 37. Esfuerzo Vertical a la Profundidad "Z".....	105
FIGURA N° 38. Esfuerzo Vertical en el Vértice "A" a la Profundidad "Z".....	106
FIGURA N° 39. Esfuerzo Vertical en el Centro "A" a la Profundidad "Z".....	107
FIGURA N° 40. Esfuerzo Vertical en cualquier Punto a la Profundidad "Z".....	107
FIGURA N° 41. Valor de A_2 para el Cálculo del Asentamiento Elástico.....	111
FIGURA N° 42. Valor de A_1 para el Cálculo del Asentamiento Elástico.....	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 01. Plano de dispersión178

INDICE DE PLANOS

- PLANO U-01. Ubicación y Localización de la Zona de Estudio–Tarapoto
- PLANO CN-01. Curvas de Nivel - Sector Coperholta
- PLANO UC-01. Ubicación y Localización de Calicatas-Sector Coperholta
- PLANO CP-01. Capacidad Portante -Sector Coperholta

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN, REGIÓN SAN MARTÍN

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de estudiar, identificar y evaluar los tipos de suelo que existen en el sector Coperholta así como también determinar su capacidad portante. Aplicando para ello los conceptos fundamentales de la mecánica de suelos. Dicho estudio se basó en los resultados obtenidos luego de haber ejecutado la respectiva exploración y muestreo de suelos según lo indicado en la Norma E050 del Reglamento Nacional de Edificaciones. De la exploración se obtuvieron las muestras, las cuales fueron sometidas a los respectivos ensayos y cuyos resultados nos dieron las características físicas y mecánicas que tienen dichos suelos y así poder realizar su clasificación, y con el aporte del ensayo de Corte se obtuvieron los parámetros el ángulo de fricción (ϕ) y la cohesión (C), factores que son básicos para determinar la Capacidad Portante de los suelos. De esta manera usando la Teoría de Terzaghi para el tipo de falla local para cimentaciones cuadradas, se calculó la Capacidad Portante de los suelos del Sector Coperholta. Siendo esta información un aporte a la comunidad del sector Coperholta y por ende del distrito de Tarapoto. Resultados que contribuyen a las soluciones prácticas y científicas al problema de edificar sin conocer el real comportamiento del suelo, anticipando así posibles asentamientos y deterioro de las edificaciones, las cuales afectan el ornato y por ende la calidad de vida de los propietarios y usuarios de las mismas. De manera que se participó activamente en la producción de nuevo conocimiento con fines positivos de la comunidad y la ciencia. La validación de la hipótesis de este trabajo de investigación se logra con el apoyo de la Estadística Inferencial usando una ecuación de regresión múltiple con precisión del 95%, que indica que los valores de capacidad portante de los suelos estudiados son altamente significativos y nos permite afirmar que son seguros para cimentar edificaciones, contribuyendo así con la comunidad aportando nueva información sobre capacidad portante existente en nuestra ciudad.

La Autora

DETERMINING THE BEARING CAPACITY OF THE SOIL OF COPERHOLTA SECTOR, TARAPOTO DISTRICT, PROVINCE SAN MARTÍN, REGION SAN MARTÍN

ABSTRACT

This research was developed in order to study, identify and evaluate soil types that exist in the Coperholta sector and also determine their bearing capacity. By applying the fundamental concepts of soil mechanics. This study was based on the results obtained after running the respective exploration and soil sampling as indicated in the Standard E050 of the National Building Regulations. From the above exploration samples, which were subjected to the respective trials and the results gave us the physical and mechanical properties that are such soils so they can perform their classification is obtained, and with input from the trial court obtained the parameters friction angle (ϕ) and cohesion (C), factors that are essential to determine the bearing capacity of the soil. Thus using Terzaghi theory for local failure rate for square foundations, the bearing capacity of the soil was calculated Coperholta Sector. This information being a contribution to the community sector and therefore Coperholta district of Tarapoto. Results contributing to the scientific and practical problem of building without knowing the actual behavior of the soil solutions and anticipating possible settlements and deterioration of buildings, which affect the decoration and therefore the quality of life for owners and users same. So that they actively participated in the production of new knowledge for positive purposes of the community and science. Validation of the hypothesis of this research is achieved with the support of inferential statistics using a multiple regression equation with accuracy of 95%, indicating that the values of bearing capacity of the soils studied are highly significant and allows us to state that they are sure to build buildings, thus contributing to the community by providing new information on existing bearing capacity in our city.

The Author

I. INTRODUCCIÓN

La presente tesis es un trabajo cuyo objetivo es la determinación de la capacidad portante del suelo del sector Coperholta del distrito de Tarapoto, en el cual también se describe las propiedades físicas y mecánicas más representativas del suelo estudiado, además de realizar su respectiva clasificación.

Mediante este trabajo se determinó, a través de la exploración en campo, respectivo muestreo y ensayos de laboratorio realizados a las muestras; la capacidad portante existente en el sector Coperholta, tomando como puntos de muestreo los subsectores: "Los Indanos", "La Colina" y "Las Lomas de San Pedro", subsectores ubicados en la zona alta del distrito de Tarapoto, zona en que se proyecta la expansión urbana de nuestra ciudad.

Es por eso que el presente trabajo se desarrolló con la finalidad de brindar un aporte significativo para el conocimiento de los suelos existentes en nuestra ciudad, pues en la actualidad es casi nula la información que tiene la municipalidad sobre esta área, así también los valores obtenidos de capacidad portante de este sector pueden ser tomados como referencia al momento de elegir el lugar y la adecuada cimentación que se debe proyectar según el tipo de suelo encontrado (recomendando que para la construcción de viviendas se debe realizar estudios específicos del lugar donde se desee construir), además puede ser usada como una herramienta de gestión por las autoridades de este sector para futuros proyectos que se deseen realizar en esta parte de la ciudad.

1.1 Generalidades

La ciudad de Tarapoto es conocida como la "capital comercial" de la Región San Martín, esto debido a su estratégica ubicación geográfica, la cual la hace eje del movimiento económico que se da en la región y por tanto una de las ciudades con mayor expectativas de desarrollo dentro de la misma.

Desarrollo que no sólo incrementa las inversiones y actividades comerciales de la ciudad, sino que también trae consigo un movimiento migratorio considerable.

El movimiento migratorio hacia la ciudad ha hecho que ésta entre en fase de expansión urbana, motivo por el cual se ha visto incrementada la demanda de construcción de viviendas y por ende la búsqueda de nuevas zonas donde habitar.

Actualmente existen zonas marcadas de expansión tanto en la parte baja como alta de la ciudad. Siendo la parte alta (Sector Coperholta) la de mayor demanda.

En la parte alta de la ciudad de Tarapoto se puede encontrar ya algunas edificaciones de las cuales de no todas se puede tener seguridad que hayan sido construidas en base a un Estudio de Mecánica de Suelos según la Norma E050 del R.N.E., por lo cual podrían generarse en algunas de ellas agrietamientos, fisuras, consecuencias de haber obviado dichos estudios que hubieran determinado las propiedades físicas y mecánicas del suelo donde se cimentó, además de la capacidad de soporte presente en esa zona, siendo justamente esta última la finalidad por la cual se desarrolla el presente proyecto de tesis.

Con este fin se realizaron trabajos de exploración y muestreo de suelos para así luego de realizar un análisis en laboratorio de las muestras obtenidas, determinar el tipo de suelo y por ende el cálculo de la capacidad portante, motivo principal del presente trabajo.

1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación

El Proyecto de Tesis se desarrolló con las siguientes actividades exploratorias preliminares.

Luego de haber delimitado en gabinete la zona de estudio, se procedió a realizar el trabajo de exploración en campo, teniendo en cuenta todos los aspectos que nos pudieran interesar para utilizarlo como información actual de la zona de estudio, se recorrió toda el área de influencia en estudio, para así determinar de acuerdo a la topografía del terreno, normas estipuladas en el reglamento, y diferentes aspectos observados, la cantidad y el lugar de los puntos a muestrear, puntos que después se plasmarían en un plano guía. Una vez que se tuvo esta información se comenzaron con los trabajos de excavación, al realizar las excavaciones se tomó nota de todas las características que el suelo presentaba, tales como: color, forma, humedad, nivel freático, etc.

El trabajo realizado en gabinete consistió en la búsqueda de publicaciones o trabajos relacionados con el tema de estudio; así el procedimiento de investigación ejecutado fue: revisión y recopilación de información bibliográfica, proyectos de tesis e informes de ingeniería, manuales instructivos de laboratorio, uso de la biblioteca virtual (internet), normatividad y reglamentos, datos estadísticos, además se consultó información de los proyectos del INDECI e INGEMMET, entre otros.

También se consideró los testimonios de las personas que habitan actualmente el sector estudiado, preguntándoles sobre las obras que anteriormente han sido proyectadas y ejecutadas, las ventajas y desventajas de los materiales que utilizan en sus viviendas, así como el tipo de cimentación que ellos proyectan en ésta.

1.3 Aspectos Generales del Estudio

1.3.1 Aspectos Físicos

1.3.1.1 Ubicación del Área de Estudio

La ubicación de la ciudad de Tarapoto es la siguiente:

Región	:	San Martín
Departamento	:	San Martín
Provincia	:	San Martín
Distrito	:	Tarapoto
Longitud	:	76°22'50" Oeste
Latitud	:	6°31'30" Sur
Altitud	:	333 msnm ¹

Siendo la coordenada aproximada del Sector Coperholta la siguiente:

- 6°28'40" (Norte)²

La ciudad de Tarapoto se enmarca, dentro de la ecorregión de selva alta. Se asienta en la ladera Occidental del Cerro Escalera, en la Cordillera Azul, último contrafuerte de la Cordillera de los Andes.

El Distrito de Tarapoto está comprendido por los barrios de Partido Alto, Suchiche, Huayco, La Hoyada, Punta del Este, Cercado, Comercio; y por los sectores de Coperholta, Tarapotillo, Circunvalación, Santa Rosa, entre otros, así como también por varios Asentamientos Humanos y Pueblos Jóvenes; lo cual abarca una superficie de 67.81 km², dentro de los cuales la zona de estudio tiene una extensión de 0.2152 Km² aproximadamente. Asimismo el distrito de Tarapoto limita por el norte con el Distrito de San Antonio de Cumbaza y Cacatachi, por el sur con la Provincia de Juan Guerra, por el Este con el Distrito de la Banda de Shilcayo, por el Oeste, con Morales y Cacatachi.

¹ Municipalidad Provincial de San Martín. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tarapoto y los Núcleos Urbanos de Morales y la Banda de Shilcayo. Capítulo I. pág. 11.

² Proyecto INDECI. Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo. pág. 3.

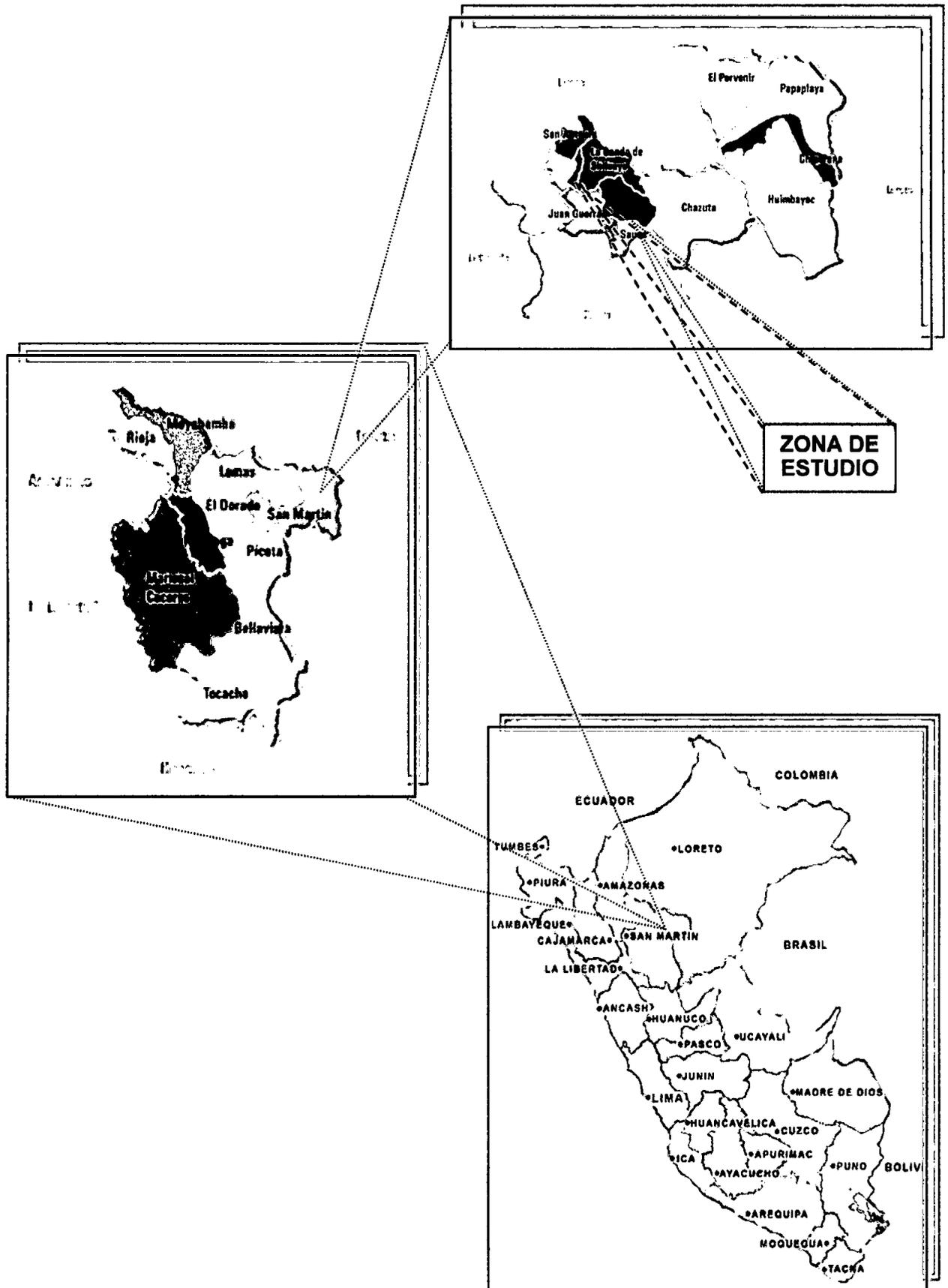


Figura N° 01. Ubicación del proyecto. (Benavides, 1995)

Tabla N° 01. Superficie de Áreas Geográficas

ÁREA GEOGRÁFICA	Superficie (Km2)
Distrito Tarapoto	1,768.65
Provincia San Martín	5,639.82
Departamento San Martín	51,253.31

Fuente: INEI Información correspondiente al Pre-censo 1999

1.3.1.2 Vías de Acceso

Las vías de acceso a la ciudad de Tarapoto según la página web enperu.org³ son:

Vía Terrestre

- Lima-Chiclayo-Olmos-Rioja-Moyobamba-Tarapoto
1,445 km por las carreteras Panamericana Norte y Fernando Belaunde Terry, antes Marginal de la Selva (22horas en bus).
- Lima-Pacasmayo-Cajamarca-Leimebamba-desvío Chachapoyas Pedro Ruiz 1,547km por las carreteras Panamericana Norte y Fernando Belaunde Terry (28horas en auto).
- Lima-Huánuco-Tingo María-Tocache- Juanjuí-Tarapoto
1020 km por las carreteras Central y Fernando Belaunde Terry (20horas en auto).

Vía Aérea

Vuelos regulares desde Lima (1hora) y desde Iquitos (45´) a la ciudad de Tarapoto.

Vía Fluvial

Iquitos-Yurimaguas: por los ríos Amazonas, Marañón y Huallaga, para continuar a Tarapoto por carretera (136km).

³ Sitio web: <http://www.enperu.org/como-llegar-a-san-martin-vias-de-acceso-peru-sitios-turisticos-peru.html>, visita: 25 de junio 2105.

1.3.1.3 Clima

La información meteorológica brindada por el SENAMHI⁴, nos indica que la zona de estudio cuenta con una estación meteorológica llamada: "Estación Tarapoto", perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, estación de la cual derivan los siguientes datos:

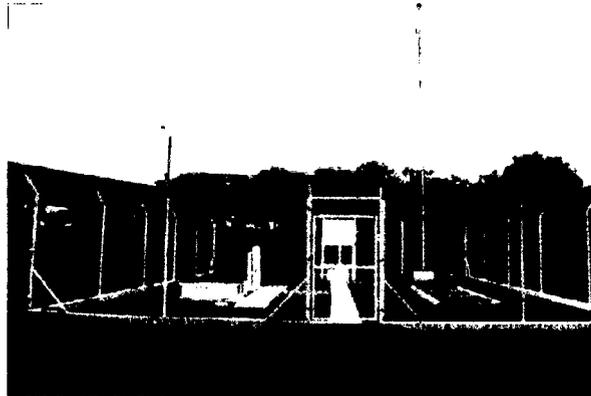


Figura N° 02. Estación Meteorológica "Tarapoto". (Fuente: SENAMHI, 2007)

a. Precipitación

Según la información meteorológica otorgada por el SENAMHI, la precipitación máxima mensual registrada en el año 2014 (hasta el mes de octubre) en la estación meteorológica Tarapoto, según información del SENAMHI, fue de 296.60 mm y la precipitación mínima mensual de 50.40mm. Las más fuertes precipitaciones se registran en los meses de Marzo y Octubre, siendo siempre en Marzo el que registra el valor más elevado.

Tabla N° 02. Precipitación Total Mensual – Estación Tarapoto

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN (mm.)					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May
2014	154.70	134.20	296.60	128.90	145.10
Año	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
2014	50.40	81.10	51.80	82.70	196.80

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

⁴ Dirección Regional SENAMHI – San Martín, Ficha de Información Meteorológica 2014 – Oficina de Estadística.

b. Temperatura

Según la información meteorológica otorgada por el SENAMHI, el clima predominante de la zona en estudio es “cálido y semi-seco” de selva alta. Según la información registrada en la estación meteorológica de Tarapoto la temperatura máxima mensual es de 26.6°C y la mínima mensual de 25.5°C. Los meses comprendidos entre Enero y Setiembre son los más calurosos.

Tabla N° 03. Temperatura Media Mensual – Estación Tarapoto

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN (°C)					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May
2014	26.6	25.9	25.7	25.5	26.3

Año	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
2014	25.9	25.7	25.9	26.5	26.0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

1.3.1.4 Vientos

Este factor climático presenta una característica especial dentro de la zona de estudio: La estación Tarapoto, registra un viento persistente de dirección Norte de velocidad media de 3.2 km/hora y, en menor porcentaje de dirección Sur con velocidad media de 6.3 km/hora, durante todo el año. No se descarta la ocurrencia esporádica de vientos fuertes y acompañados por fuertes precipitaciones de consecuencias funestas⁵.

1.3.1.5 Hidrología

El sistema hidrográfico de la región San Martín está conformado por los ríos que desembocan en el gran Río Amazonas, los principales ríos que

⁵ Proyecto INDECI. Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo. pág. 5.

recorren la región son el Marañón y el Huallaga. En el caso de la provincia de San Martín, el sistema hidrográfico está determinado por la cuenca del río Huallaga. Los principales afluentes del Huallaga, por la margen izquierda son: el Tocache, Huayabamba, Saposoa, Sisa y Mayo; y por la margen derecha: el Aspusana, Uchiza, Balzayacu, Shituya, Chipurana, Biavo y Pilluana. Mientras en el caso de la ciudad de Tarapoto, ésta se encuentra ubicada en la red hidrográfica de la cuenca del Cumbaza. Constituida por el río Cumbaza, como eje principal, siendo sus afluentes principales por la margen izquierda: el río Shilcayo y las quebradas Ahuashiyacu y Pucayacu y por la margen derecha: la quebrada Shupishiña. El caudal de estos cuerpos de agua son muy variables durante todo el año y dependen de la intensidad de las lluvias⁶.

1.3.1.6 Geología y Geomorfología

La geología local es consecuencia de varios acontecimientos geológicos que se han producido en las diferentes eras geológicas, siendo en el caso de la zona de Tarapoto la comprendida en la era Cenozoica y en el sistema Cuaternario; formándose así la estratigrafía de esta zona por depósitos aluviales, fluviales, talud de escombros y suelos residuales, compuestas por limos, arcillas y gravas inconsolidados. Estos materiales provienen de la cadena montañosa al este de la ciudad de Tarapoto, denominada Cordillera Azul. La cual presenta una litología que es esencialmente de naturaleza arenosa, con bloques y cantos rodados que son de areniscas blanquecinas a crema, con matriz arenosa a ligeramente arcillosa, con lentes de arcilla rojiza y de arena limo-arcillosa, siendo todo esto, producto de lo que denominamos "Aluvión de Tarapoto", que tuvo sus orígenes en la Cordillera Azul, el cual condiciona las características físicas y mecánicas del área de estudio⁷.

⁶ Municipalidad Provincial de San Martín. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tarapoto y los Núcleos Urbanos de Morales y la Banda de Shilcayo. Capítulo III. pág. 27.

⁷ Proyecto INDECI. Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo. pág. 22, 23.

Según el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Tarapoto, se encuentra enmarcado dentro del cuadrángulo geológico de 13-k.

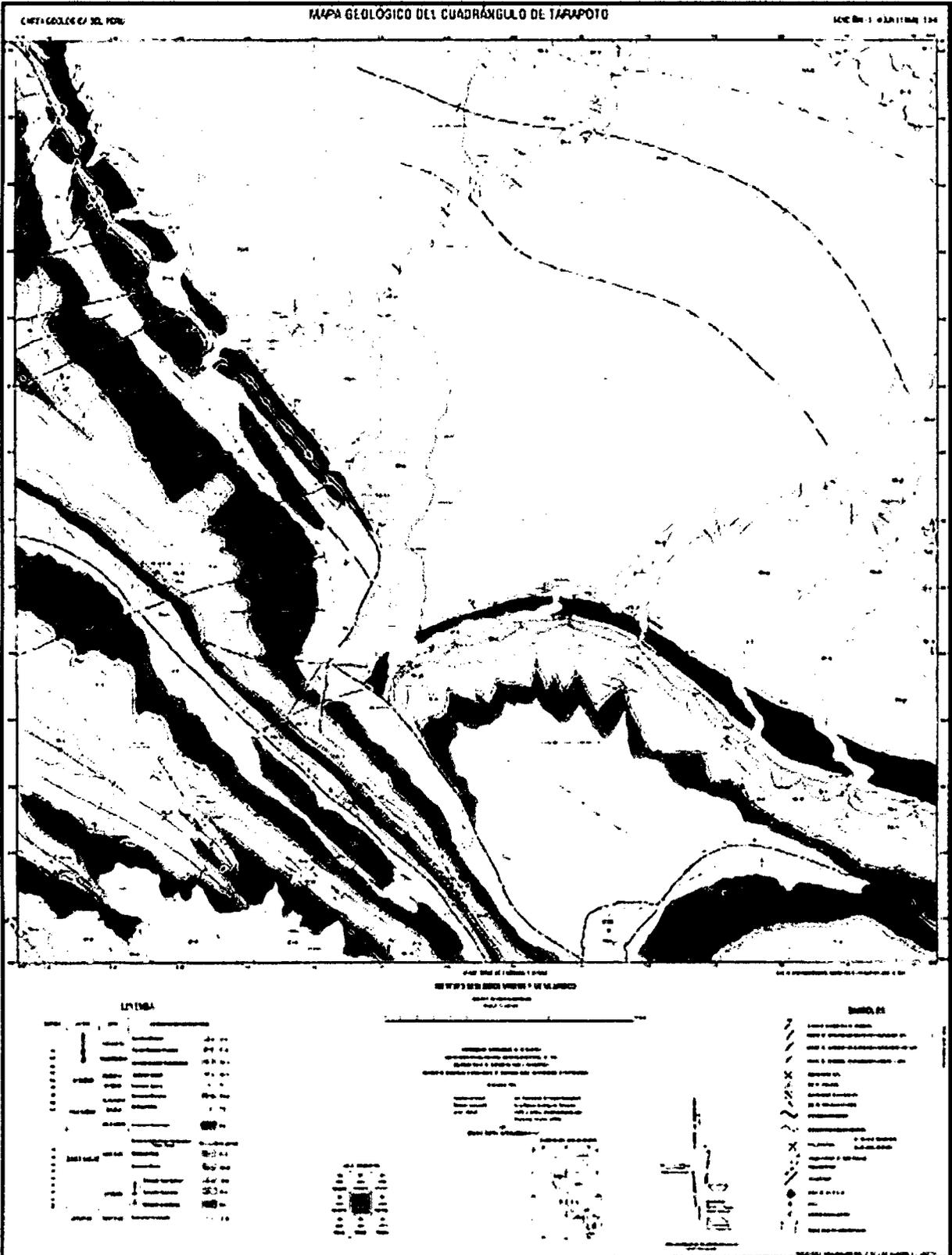


Figura N° 03. Cuadrángulo Geológico 13-k. (Fuente: INGEMMET, 1997)

1.3.1.7 Sismicidad

El artículo versión online del peligro asociado a los sismos en el Perú del INDECI⁸, nos indica que de acuerdo a la Información Sismológica, los últimos sismos en la Región de San Martín se dieron en los años 1990, 1991 y 2005. La zona de estudio es considerada un área de riesgo moderado, estando sujeta a distintos desastres entre los que destacan las inundaciones y los deslizamientos.

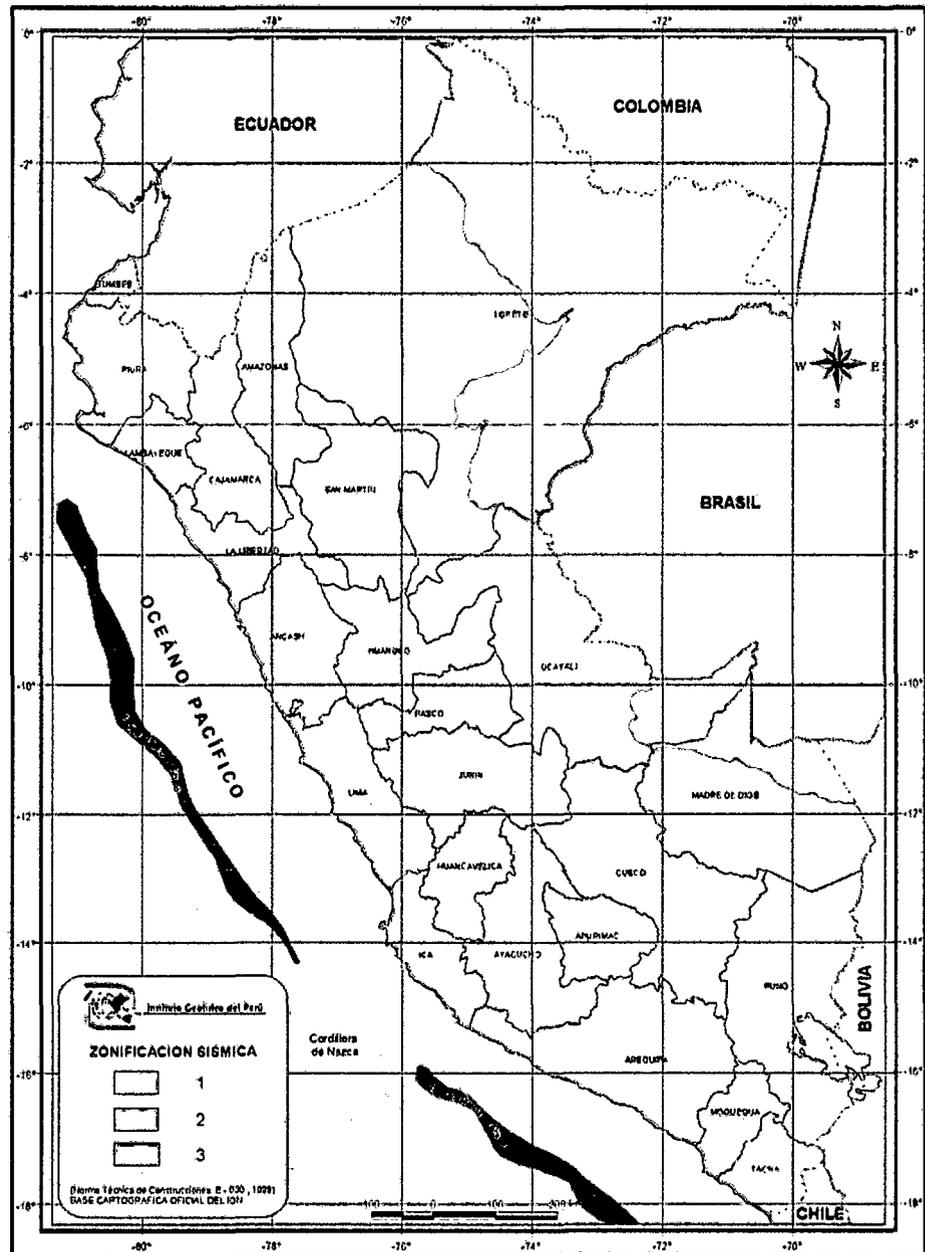


Figura N° 04. Regionalización Sísmica. (Fuente: IGP, 1999)

⁸ Sitio web: <http://www.indeci.gob.pe/objetos/microsite/oq==/nzm=/fil20140926131431.pdf>, vivita: 25 de junio 2015.

1.3.1.8 Topografía del Área de Estudio

El área de estudio presenta una topografía accidentada, presentando en zonas altas, ondulaciones medianamente pronunciadas (con pendiente de hasta unos 20%) y plana en las zonas bajas, al igual que en la ribera de los ríos, lo cual originó los nombres de los barrios dentro del área urbana⁹.

1.3.2 Aspectos Biológicos

1.3.2.1 Flora

En el área de estudio se ha identificado áreas de cobertura vegetal importante, las que se encuentran integradas y forman parte del espacio urbano, pero las cuales corren peligro de desaparecer si no tomamos conciencia y respetamos zonas de conservación de estas especies. Así dentro de la zona de estudio se pudo observar los siguientes tipos de vegetación:

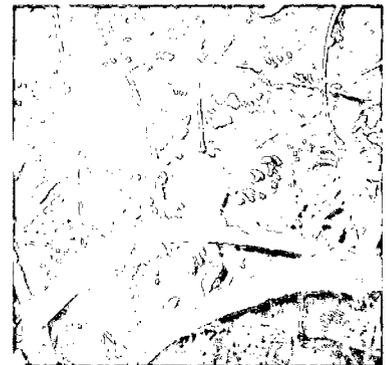
- Entre las especies encontradas tenemos: el Pan de Árbol, la Almendra, la Sábila, el Piñón.
- Entre las especies frutales se tiene los Ciruelos, la Guaba, el Limón, la Naranja, la Papaya, la Pomarosa, el Caimito, el Mango, el Indano y el Zapote.
- Entre otras especies se tiene el Huingo, la Caña Brava, el Huayruro, el Achiote, la Palta.



Pan de Árbol



Árbol de Indano



Árbol de Huingo

Figura N° 05. Variedad de la Flora de la Zona.

⁹ Proyecto INDECI. Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, pág. 16.

1.3.2.2 Fauna

Las ciudades en desarrollo crean su propio microclima, aumentan la temperatura media con respecto a sus alrededores, ofreciendo refugio y cobijo en sus construcciones, jardines y remanentes naturales, presentando una variada posibilidad de alimentación para la fauna que cada vez se presenta en forma menos diversa en el contexto urbano.

No obstante, un reducido número de animales hacen uso de los asentamientos urbanos, de manera habitual u ocasional. Estos seres cosmopolitas, oportunistas dotados de una gran capacidad de adaptación, que han sabido aprovechar con éxito las condiciones de vida de las sociedades humanas. Entre los que se encuentran:

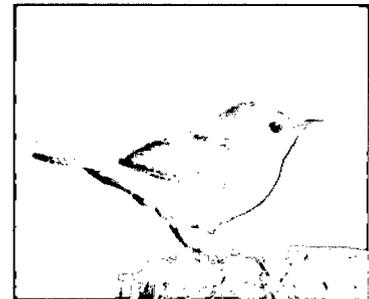
- Aves: La Paloma, el Gorrión de Palmera, la Shicapa, el Suisui, el Gallinazo, el Carpintero, la Lechuza, el Picaflor; además de las aves domésticas como la Gallina, el Pato, el Gallo, el Pavo.



Suisui Azul



Suisui Amarillo



Shicapa

Figura N° 06. Variedad Ornitológica de la Zona

- Entre otras especies se tiene: la Rata común, la Salamandra, la Araña, el Murciélago, la Víbora, el Sapo común, el Sapo Gualo.
- También tenemos a los animales domésticos o mascotas: el Conejo, el Cuy, el Perro, el Gato, el Loro¹⁰.

¹⁰ Municipalidad Provincial de San Martín. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tarapoto y los Núcleos Urbanos de Morales y la Banda de Shilcayo. Capítulo III, pág. 39.

1.3.3 Aspectos Socioeconómicos

1.3.3.1 Población

Según el último censo de Población y Vivienda del 2007 realizado por el INEI¹¹, el distrito de Tarapoto tiene una población de 68,295 habitantes, con una densidad poblacional de 38.61 habitantes por km².

Tabla N° 04. Población Nominalmente Censada, Según Grandes Grupos de Edades

GRUPOS DE EDAD	2007	
	Total	%
Menor de 15 años	17,305	25.34
De 15 a 64 años	47,161	69.05
De 65 y más años	3,829	5.61
Total	68,295	100.00

Fuente: INEI Censo de Población Vivienda 2007

Tabla N° 05. Densidad Poblacional

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad
Población	68,295	Hab.
Viviendas Ocupadas	15,996	Viv.
Densidad	4.27	Hab./Viv.

Fuente: INEI Censo de Población Vivienda 2007

En relación a las características de vivienda de la población cabe decir que en la zona de estudio el material predominante en las construcciones es el cemento y ladrillo, y en menor escala con quincha o tapial. En la alimentación, los productos que se comercializan en los mercados o supermercados de la ciudad, son los que abastecen a la población de esta zona. Formando parte de la dieta diaria en todas las formas: frutas, tubérculos, verduras, granos, pollo, carnes rojas, etc.

¹¹ Sitio web: <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>, visita: 25 de junio 2015

1.3.3.2 Migración

Uno de los fenómenos sociales más importantes del proceso de ocupación de los territorios ha sido la migración. Junto a este fenómeno, se ha dado un importante proceso de urbanización. En el caso de la ciudad de Tarapoto estos procesos tuvieron como uno de sus determinantes la construcción de la carretera Marginal; así como la violencia política de la década del 80 e inicios de la del 90.

En este último caso, las ciudades como Tarapoto fueron los destinos de estos flujos poblacionales; frente a ello los centros urbanos no estaban preparados con propuestas planificadas de ocupación, con servicios básicos, con áreas de expansión seguras, etc; razón por la cual se tiene una ciudad que ha crecido de una manera inorgánica y no planificada. En dichas condiciones el acceso al suelo tuvo como característica a las invasiones de las áreas marginales de la ciudad¹².

1.3.3.3 Educación

El planteamiento de las acciones educativas, su ejecución, administración y control, se encuentra a cargo de la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) de San Martín, con sede en Tarapoto. El sistema educativo en la ciudad de Tarapoto, comprende la educación básica regular (está dada por niveles: inicial, primaria y secundaria), a la cual se agregan Institutos de Estudios Superiores, Centros de Educación Ocupacional privados y las Universidades.

El nivel de instrucción de una persona es el grado más elevado de estudios realizados o en curso, teniendo en cuenta si se han terminado o están incompletos¹³.

¹² Municipalidad Provincial de San Martín. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tarapoto y los Núcleos Urbanos de Morales y la Banda de Shilcayo. Capítulo III, pág. 67.

¹³ Municipalidad Provincial de San Martín. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tarapoto y los Núcleos Urbanos de Morales y la Banda de Shilcayo. Capítulo III, pág. 69.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver

2.1.1 Antecedentes del Problema

En Ingeniería Civil sabemos que el suelo es parte fundamental en la planeación y construcción de un proyecto, ya que las obras son fundadas sobre éste. Entonces, la excelente o buena participación del suelo como terreno de fundación depende en general de su comportamiento cuando es sometido a cargas externas, el mismo que de no haber sido estudiado con anticipación puede tener deformaciones importantes actuando negativamente en las diferentes partes de la estructura de obras que hayan sido construidas o proyectadas sobre el mismo (fisuras, grietas, alabeo o desplomos), que pueden llegar hasta en casos extremos al colapso de la estructura afectando su funcionamiento hasta su inutilización y abandono.

Para conocer el comportamiento del suelo de la ciudad de Tarapoto, se ha tomado la decisión de elegir al sector Coperholta como muestra de territorio donde se pueda efectuar el cálculo de capacidad portante del suelo, ya que se está observando que está creciendo urbanísticamente en forma acelerada. Ello implica que se pretende estudiar dicho comportamiento a través de la determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas que presenta el suelo donde se desee fundar edificaciones, que se obtienen del Estudio de Mecánica de Suelos.

Es en este sentido, que el desarrollo del presente trabajo está orientado al Estudio de Mecánica de Suelos, que comprende desde la exploración de suelos mediante diversas calicatas, obtención de muestras, ensayos de laboratorio, hasta llegar al cálculo de la Capacidad Portante del Suelo de dicho Sector, que como se ha dicho es actualmente una de las zonas donde se proyecta la expansión urbana de la ciudad de Tarapoto.

2.1.2 Planteamiento del Problema

Debido al incremento de la población en el distrito de Tarapoto, y a su crecimiento y desarrollo actual, podemos notar el aumento en cuanto a proyectos inmobiliarios de vivienda y locales comerciales se refiere, observando como lugares que se encuentran a la periferia de la ciudad se van poblando. Y es justamente uno de estos lugares el denominado Sector Coperholta, sector en el cual estamos seguros que se han hecho mínimos o nulos estudios en cuanto a suelos se refiere, por lo cual se requiere la elaboración de un estudio de la capacidad portante del suelo, información que serviría como herramienta al municipio o comités de asociaciones de vivienda que existen en el lugar no sólo para emitir una licencia de construcción, sino también para aportar los datos necesarios para el diseño de las estructuras que se van a proyectar como cimentación.

Estos datos obtenidos en un laboratorio, que se basan en un estudio de mecánica de suelos, estudios que a veces no se logran hacer, debido al elevado costo económico que éste demanda. De manera que este problema planteado podrá tener una solución, si se sigue una secuencia lógica de estudio. Finalidad por la cual se desarrolló el presente trabajo.

2.1.3 Delimitación del Problema

El distrito de Tarapoto, considerado uno de los distritos con mayor perspectiva de desarrollo a corto plazo dentro de la Región San Martín, razón por la cual ha visto en aumento el número de su población, llegando a habitarle personas de diferentes partes del país y extranjero, debido a su estratégica ubicación y al clima tropical que presenta.

Motivo por el cual se ha intensificado la construcción de edificaciones de diferentes materiales en su mayoría de albañilería y concreto; en lugares aledaños al centro de la ciudad, es decir en zonas de expansión urbano; tal y como es el caso del sector Coperholta.

Lo cual ha originado que debido al aumento de la población se vea alta la demanda de viviendas en el distrito y por ende en el sector Coperholta, viviendas

que muchas veces son construidas de manera inadecuada, sin respetar la normatividad vigente, ni contar con estudios de suelos, por el alto costo que este demanda.

Es por eso frente a la problemática que se presenta en el área del proyecto, este trabajo abarca el cálculo de la capacidad portante del suelo del sector Coperholta, específicamente en los subsectores: "Los Indanos", "La Colina" y "Las Lomas de San Pedro", realizando 05 calicatas por subsector. No sin antes mencionar que para realizar este estudio, se tuvo que desarrollar los trabajos de campo y gabinete necesarios, siendo estos trabajos los siguientes: exploración en campo, ubicación de los puntos de muestreo para la excavación de calicatas, extracción de las muestras alteradas e inalteradas, ensayos en el laboratorio para la determinación del contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría, clasificación de suelos, corte directo para la capacidad portante, etc. Asimismo estos resultados, nos permiten conocer las características, propiedades, y la capacidad de carga admisible del suelo de fundación, lo cual nos brinda la información necesaria para desarrollar el presente trabajo.

2.1.4 Formulación del Problema

La situación que atraviesa el área del proyecto, conlleva a realizar un estudio de mecánica de suelos, basado en la determinación de diversas propiedades, la clasificación del mismo, para así realizar el cálculo de la capacidad portante del suelo del sector Coperholta. Bajo estas premisas, me encuentro en la obligación de responder la siguiente interrogante:

¿De qué manera se podrá conocer los valores de la capacidad portante de los suelos del Sector Coperholta del Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Región San Martín?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Efectuar el estudio de la capacidad portante de los suelos del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Región San Martín.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar actividades de exploración y muestreo de suelos, mediante calicatas, en los subsectores “Los Indanos”, “La Colina” y “Las Lomas de San Pedro” del Sector Coperholta del Distrito de Tarapoto.
- Determinar las propiedades físicas del suelo mediante la realización de los ensayos estándar en el laboratorio de ensayo de materiales de la UNSM.
- Efectuar el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos.
- Calcular la capacidad portante de los suelos explorados y obtenidos del muestreo, en los subsectores “Los Indanos”, “La Colina” y “Las Lomas de San Pedro” del Sector Coperholta del Distrito de Tarapoto.
- Elaborar un plano de capacidad portante de los suelos, según los resultados obtenidos en los subsectores “Los Indanos”, “La Colina” y “Las Lomas de San Pedro” del Sector Coperholta del Distrito de Tarapoto.

2.3 Justificación de la Investigación

Antes de realizar cualquier diseño o construcción de un proyecto se debe realizar el Estudio de Suelos, ya que con él se obtienen los datos y características que se necesitan para hacer el debido análisis y cálculo de la capacidad portante y así diseñar de forma adecuada la cimentación para la obra que se desee construir.

De esta manera, la elaboración y aplicación del presente trabajo contribuye directamente con la comunidad ingenieril y civil de la ciudad de Tarapoto; porque al ejecutarlo se tendrá un aporte muy importante; ya que se realizará el análisis de las diferentes propiedades así como la determinación de la capacidad portante del suelo que presentan los subsectores “Los Indanos”, “La Colina” y “Las Lomas de San Pedro” el Sector Coperholta, sector de expansión urbana de

nuestra ciudad, donde actualmente se observa un incremento en la construcción de viviendas y proyectos inmobiliarios.

2.4 Delimitación de la Investigación

El presente proyecto de tesis, está orientado al cálculo de la capacidad portante del suelo en el cual la zona de estudio, abarca los subsectores “Los Indanos”, “La Colina” y “Las Lomas de San Pedro” del Sector Coperholta, que pertenece al Distrito de Tarapoto, en la Provincia y Región de San Martín.

Para llevar a cabo el desarrollo del estudio, se tuvo en cuenta, las exploraciones que se hicieron en campo, para que mediante una inspección ocular, recorriendo toda la zona, se pueda tener un buen criterio al momento de elegir el lugar y la cantidad de los puntos a muestrear. Asimismo con los resultados que se pudieron obtener de los ensayos de laboratorio, realizados a los suelos de la zona de estudio, se lograron conocer ciertas propiedades y características propias de los suelos de los subsectores, tales como: contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, los cuales permitieron clasificar el suelo, para una posterior determinación de la capacidad portante, y se comprobó la hipótesis de la investigación.

Del mismo modo, cabe añadir que en la zona de estudio, existen muchos otros componentes sobre los cuales investigar, es decir se encuentra el factor sísmico, el factor geotécnico, como una exploración aún más completa del suelo, el factor de peligros y vulnerabilidad en la zona, ya que está muy expuesta frente a desastres naturales que se puedan suscitar, por lo que esta investigación se limitó solamente al cálculo de la capacidad portante del suelo de dicho sector.

2.5 Marco Teórico

2.5.1 Antecedentes de la Investigación

INDECI²³ (2010), según el estudio Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, sostiene que, los tipos de suelos que se presentan en la zona I, son del tipo CL: Arcillas de Baja Plasticidad, ubicados en la zona de expansión urbana de Morales, específicamente en el sector Planicie y Loma Linda. En Tarapoto, el sector Tarapotillo, La Hoyada, Partido Alto, Comercio y Los Jardines.

José Luis Lara Montani²⁴ (1991), en su tesis de investigación Microzonificación Sísmica de Moyobamba, Rioja y Soritor, manifiesta en una de sus conclusiones que: para que los suelos sean considerados de condición habitable, el valor de la capacidad de carga admisible, debe encontrarse en el rango del 0.50 – 1.50 kg/cm², mientras para los suelos, considerados de condición crítica, los valores deben ser menores a 0.50 kg/cm², respectivamente.

Tabla N° 09. Conclusiones del Trabajo de Investigación

Zona	Suelo Predominante*	Qad (kg/cm ²)	N.F.	Ts	Condición
I	CH-CL	1.0-1.5	>0.6	0.35-0.40	Habitable
II	CL-SC	0.5-1.0		0.4-0.50	
III	SC-SM	<0.5			
IV	SC-SM	-	>0.4	-	Crítica
V	SM	<0.2	<0.5	0.45-0.55	

*Suelo predominante, se refiere al que existe a la profundidad activa de la cimentación supuesta (1-4m).

Fuente: Tesis de Grado "Microzonificación Sísmica de Moyobamba, Rioja y Soritor" de José Luis Lara Montani.

²³ Proyecto INDECI. Estudio Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo. pág 47.

²⁴ LARA MONTANI, José Luis. Microzonificación Sísmica de Moyobamba, Rioja y Soritor. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, pág.200.

2.5.2 Fundamentación Teórica de la Investigación

2.5.2.1 Definición de Suelos

Braja M. Das²⁵, nos indica que, “suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas”.

Ralph B. Peck, Walter E. Hanson, Thomas H. Thornburn²⁶, sostienen que, “el término suelo, es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden separarse por medios mecánicos comunes, tales como la agitación en el agua”.

Eulalio Juárez Badillo²⁷, nos indica que, “la palabra suelo, representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo”.

Gonzalo Duque E., Carlos E. Escobar²⁸, sostienen que, “suelo, en Ingeniería Civil, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o nieve con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo”.

²⁵ BRAJA M., Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Cengage Learning, pág. 01.

²⁶ BRAZELTON PECK, Ralph, HANSON, Walter Edward. HAMPTON THORNBURN, Thomas. Ingeniería de Cimentaciones, pág. 29.

²⁷ JUÁREZ B., Eulalio y RICO, R. Alfonso. Mecánica de Suelos: Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos. pág. 34.

²⁸ DUQUE ESCOBAR, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos Enrique. Origen formación y constitución del suelo. pág. 03.

2.5.2.2 Definición de Mecánica de Suelos

Terzaghi²⁹ nos indica que “la mecánica de suelos es 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, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.”

La mecánica de suelos incluye:

- a. Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetas a cargas, basado en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.
- b. Investigación de las propiedades físicas de los suelos.
- c. Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

2.5.2.3 Origen y Formación de los Suelos

Ángel Muelas Rodríguez³⁰, nos indica que: la mayoría de los suelos que cubren la tierra están formados por la meteorización de las rocas. Los geólogos emplean el término meteorización de las rocas para describir todos los procesos externos, por medio de los cuales la roca experimenta descomposición química y desintegración física, proceso mediante el cual masas de roca se rompen en fragmentos pequeños. Estos se dividen en dos grupos que se detallan a continuación:

- a. **Meteorización Mecánica**, es el proceso por el cual las rocas se fracturan en piezas de menor tamaño bajo la acción de las fuerzas físicas, como la corriente de agua de los ríos, viento, olas oceánicas, hielo glacial, acción de congelación, además de expansiones y contracciones causadas por ganancia y pérdida de calor.

²⁹ TERZAGHI, Karl Von. Theoretical Soil Mechanics.

³⁰ MUELAS RODRÍGUEZ, Ángel. Manual de Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Cap. 1, pág. 03.

b. Meteorización Química, es el proceso de descomposición química de la roca original. Entre los distintos procesos de alteración química pueden citarse: la hidratación (paso de anhidrita a yeso), disolución (de los sulfatos en el agua), oxidación (de minerales de hierro expuestos a la intemperie), cementación (por agua conteniendo carbonatos), etc. Por ejemplo, la meteorización química de los feldespatos puede producir minerales arcillosos.

2.5.2.4 Clases de Suelos

Ángel Muelas Rodríguez³¹, clasifica a los suelos en:

- a. Suelos Residuales**, se llama residual, al suelo formado producto de la meteorización que se mantiene en el mismo lugar de origen. A diferencia de los suelos producto del transporte y deposición, estos están relacionados con los materiales del lugar, clima y topografía.

- b. Suelos Transportados**, los arroyos, corrientes oceánicas, olas, viento, aguas subterráneas, glaciales y la gravedad continuamente erosionan y transportan suelo, fragmentos de rocas y sedimento, a lugares de deposición donde se meteorizan.

2.5.2.5 Estructura y Textura de los Suelos

Enrique Napoleón Martínez Quiroz³², nos indica que “definimos como estructura” a la propiedad de los suelos que produce una respuesta a los cambios exteriores y sollicitaciones tales como el agua, cargas (edificios, pavimentos, etc.) respectivamente. Esta propiedad involucra tanto el arreglo geométrico de las partículas como a las fuerzas que están sobre ellas, involucra conceptos como “gradación”, “arreglo”, “vacíos”, fuerzas ligantes y fuerzas eléctricas asociadas. “Textura” es la

³¹ MUELAS RODRÍGUEZ, Ángel. Manual de Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Cap. 1, pág. 04.

³² MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de la Mecánica de Suelos. (Manual de Mecánica de Suelos I). Universidad Nacional de San Martín, pág. 04-07.

aparición superficial, depende del tamaño, forma y graduación de las partículas.

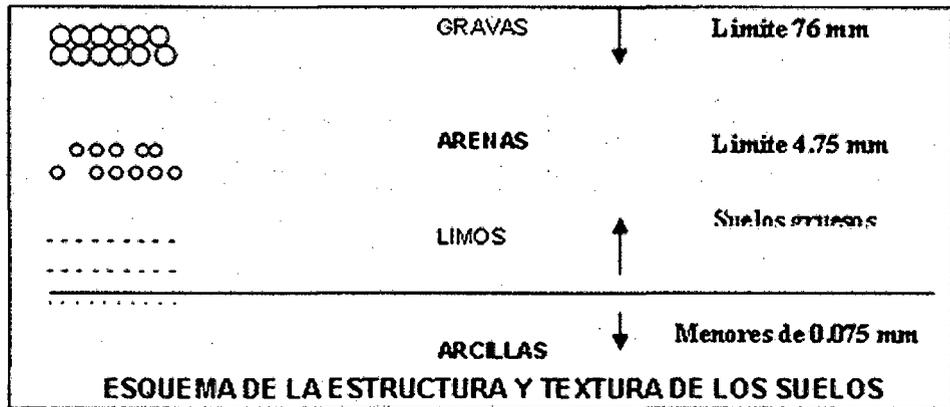


Figura N° 09. Esquema de la estructura y textura de los suelos.
(Fuente: Enrique Napoleón Martínez Quiroz, 2003)

a. Estructura de Suelos Gruesos

Enrique Napoleón Martínez Quiroz³³, nos señala que en este tipo de estructuras predominan las fuerzas gravitacionales, depende en gran medida de la forma de las partículas, de su tamaño y de cómo están organizadas.

Las fuerzas gravitacionales predominan por sobre otras. Así su resistencia o comportamiento hidráulico se ven gradualmente afectados por circunstancias tales como la orientación de las partículas o la cantidad de vacíos existentes en su masa.

En las figuras se muestran el arreglo de sus partículas. En el gráfico (a) se observa el arreglo denominado estado más suelto y en el (b) se observa el arreglo denominado estado más compacto.

³³ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de la Mecánica de Suelos. (Manual de Mecánica de Suelos I). Universidad Nacional de San Martín, pág. 05.

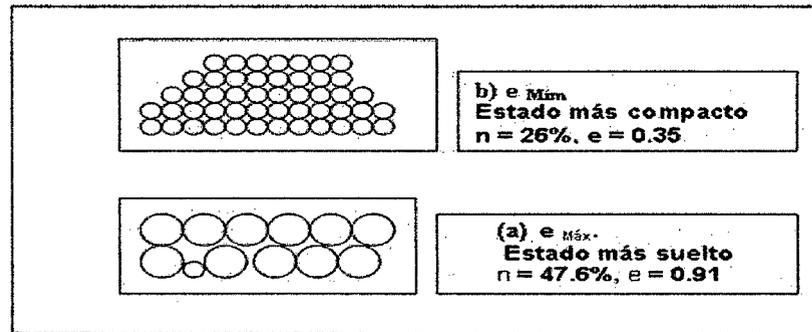


Figura N° 10. Acomodo de las partículas del suelo.
(Fuente: Enrique Napoleón Martínez Quiroz, 2003)

b. Estructura de Suelos Cohesivos

Enrique Napoleón Martínez Quiroz³⁴, nos indica que el conocimiento de la composición interna de las láminas de arcilla es más importante a nivel básico que a nivel ingenieril, sin embargo es útil comprender su composición a fin de establecer su comportamiento.

Investigaciones recientes, señalan el ambiente electroquímico, que existe en el agua, en el momento de la formación del suelo como el factor más influyente en su futuro comportamiento y la sedimentación individual de tales estructuras, produce las denominadas estructuras: Floculenta, Panaloide, Castillo de naipes y Dispersa.

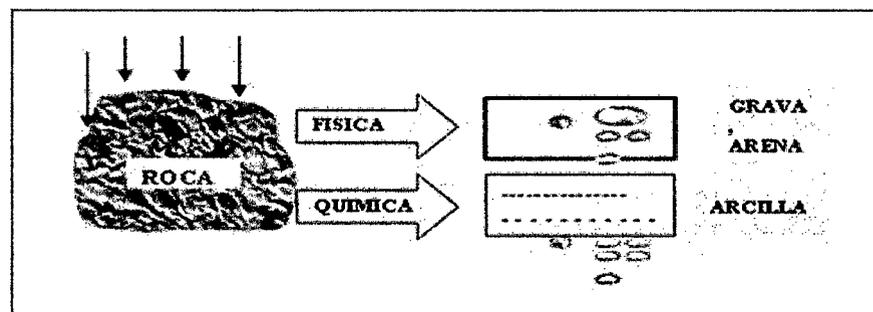


Figura N° 11. Esquema de la estructura de los suelos cohesivos.
(Fuente: Enrique Napoleón Martínez Quiroz, 2003)

³⁴ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de la Mecánica de Suelos. (Manual de Mecánica de Suelos I). Universidad Nacional de San Martín, pag. 07.

2.5.2.6 Minerales Arcillosos

Campos y Guardia³⁵, nos indican que las partículas de suelo con tamaños correspondientes a las arcillas y que presentan las propiedades de adhesión y plasticidad se denominan minerales arcillosos. Son producto de la meteorización química y están compuestos en su mayor parte de silicatos de aluminio hidratados.

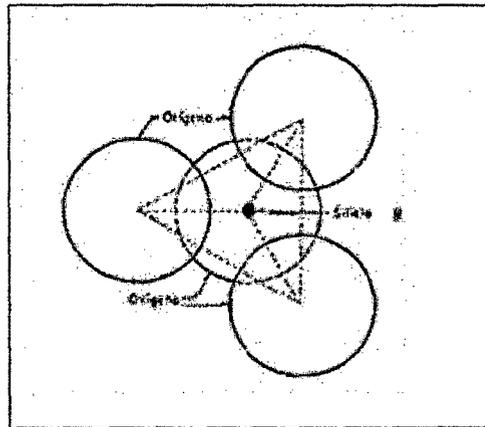


Figura N° 12. Esquema de la lámina silícica de minerales arcillosos.
(Fuente: Juárez y Rico, 1992)

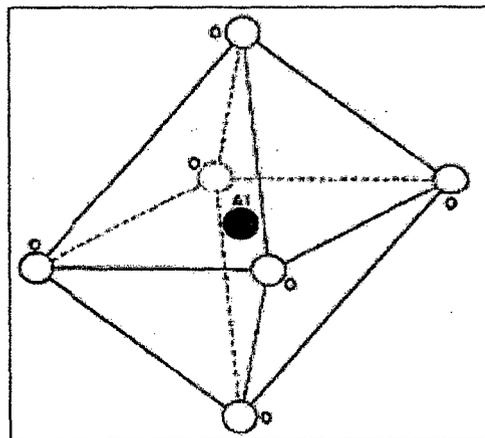


Figura N° 13. Esquema de la lámina aluminica de minerales arcillosos.
(Fuente: Juárez y Rico, 1992)

Tienen forma cristalina y están constituidos por dos unidades estructurales: la unidad tetraédrica, en la cual cuatro oxígenos encierran

³⁵ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 04-11.

un átomo de silicio, y la unidad octaédrica, en la cual un átomo de aluminio o magnesio está encerrado por seis grupos hidroxilos. De acuerdo con la organización de estas unidades estructurales en la red cristalina, los minerales arcillosos se dividen en tres grupos principales los cuales son:

Caolinitas

Campos y Guardia³⁶, el bloque estructural de este grupo de minerales está formado por una capa de unidades tetraédricas y una capa de unidades octaédricas. Los enlaces iónicos de hidrógeno entre los bloques crean una estructura relativamente estable en la que no penetra el agua con facilidad. Estas caolinitas presentan una baja absorción de agua y una baja susceptibilidad a la retracción y a la expansión al ser sometidos a variaciones de humedad.

Ilitas

Campos y Guardia³⁷, el bloque estructural de este grupo está formado por una capa de unidades octaédricas en medio de dos capas de unidades tetraédricas orientadas en forma opuesta. Las Ilitas presentan mayor tendencia a la absorción de agua que las caolinitas, mayor susceptibilidad a la retracción y a la expansión.

Montmorilonitas

Berry y Reid³⁸, nos señalan que este grupo tiene un bloque estructural similar al de las ilitas, pero adicionalmente a la sustitución del silicio (Si^{4+}) por aluminio (Al^{3+}) en las unidades tetraédricas, algunos de los iones de aluminio, en las unidades octaédricas se reemplazan por magnesio (Mg^{2+}) y hierro (Fe^{2+}). El enlace entre las capas creado por el agua es muy débil e inestable comparado con el enlace de iones de

³⁶ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 04-11.

³⁷ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 04-11.

³⁸ BERRY, Peter L y REID, David. Mecánica de Suelos, pág. 14.

potasio de las illitas. Las montmorilonitas presentan una muy alta absorción de agua y muy altas características de retracción y expansión.

2.5.2.7 Principales Propiedades de los Suelos

Enrique Napoleón Martínez Quiroz³⁹, nos describe las siguientes propiedades:

a. Estabilidad Volumétrica

Los cambios de humedad son la principal fuente: Se levantan los pavimentos, inclinan los postes y se rompen tubos y muros.

b. Resistencia Mecánica

La humedad la reduce, la compactación o el secado la eleva. La disolución de cristales (arcillas sensitivas), baja la resistencia.

c. Permeabilidad

La presión de poros elevada provoca deslizamientos y el flujo de agua, a través del suelo, puede originar tubificación y arrastre de partículas sólidas.

d. Durabilidad

El intemperismo, la erosión y la abrasión amenazan la vida útil de un suelo, como elemento estructural o funcional.

d. Compresibilidad

Afecta la permeabilidad, altera la magnitud y sentido de las fuerzas ínter partículas, modificando la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y provocando desplazamientos.

Las propiedades mencionadas anteriormente se pueden modificar o alterar de muchas formas: por medios mecánicos, drenaje, medios

³⁹ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos – Manual de Mecánica de Suelos I, pág. 13.

eléctricos, cambios de temperatura o adición de estabilizantes (cal, cemento, asfalto, sales, etc.).

2.5.2.8 Relaciones Volumétricas y Gravimétricas

Campos y Guardia⁴⁰, nos describen que en un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en el suelo pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, pero pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc).

Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos (V_v), mientras que la fase sólida constituye el volumen de sólidos (V_s).

Las relaciones entre diferentes fases constitutivas del suelo (fases sólida, líquida y gaseosa), permiten avanzar sobre el análisis de la distribución de las partículas por tamaños y sobre el grado de plasticidad del conjunto.

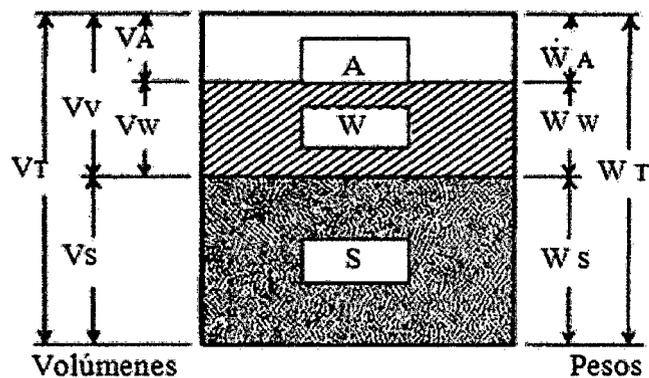


Figura N° 14. Esquema de una muestra de suelo, en tres fases, con la indicación de los símbolos usados: En los costados, V volumen y W peso. Las letras subíndice y del centro, son: A aire, W agua y S sólidos. (Fuente: Braja M. Das, 2001)

⁴⁰ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 11-15.

a. Fases, Volúmenes y Pesos

Duque y Escobar⁴¹, nos describen que en el modelo de fases, se separan volúmenes V y pesos W así: Volumen total V_T , volumen de vacíos V_v (espacio no ocupado por sólidos), volumen de sólidos V_s , volumen de aire V_A y volumen de agua V_w . Luego:

$$V_T = V_v + V_s \text{-----} (1)$$

En pesos (que es diferente a masas), el del aire se desprecia, por lo que $W_A = 0$. El peso total del espécimen o muestra W_T es igual a la suma del peso de los sólidos W_s más el peso del agua W_w ; esto es

$$W_T = W_s + W_w \text{-----} (2)$$

b. Relaciones de peso y volumen

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁴², nos indica que en Mecánica de Suelos, se relaciona el peso de las distintas fases del suelo con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto del peso específico.

b.1. Peso Específico Aparente (γ_m)

Conocido como peso volumétrico, densidad aparente, peso específico de masa.

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{W_s + W_w}{V_m} \text{-----} (3)$$

⁴¹ DUQUE ESCOBAR, Gonzalo ESCOBAR, Carlos Enrique. Origen, formación y constitución del suelo, pág. 8-9.

⁴² MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 17-18.

b.2. Peso Específico del Agua (γ_w):

$$\gamma_o = \gamma_w \text{-----} \quad (4)$$

En condiciones prácticas peso específico del agua destilada (γ_o): a 4°C en sistemas derivados del métrico decimal es igual a 1 ó a una potencia de 10.

b.3. Peso Específico de los Sólidos (γ_s):

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \text{-----} \quad (5)$$

$$2.4 \leq \gamma_s \leq 2.9 \text{ gr. /cm}^3$$

En los laboratorios de Mecánica de Suelos puede determinarse fácilmente el peso de las muestras húmedas y secas en el horno o estufa y el peso específico relativo de los suelos. Estas magnitudes no son las únicas cuyo cálculo es necesario, es preciso obtener relaciones volumétricas y gravimétricas para poder determinar otras magnitudes en términos de estas.

Peso Específico Relativo: Viene hacer la relación entre el peso específico de la sustancia y el peso específico del agua destilada a 4° C y sujeta a una atmósfera de presión.

b.4. Peso Específico Relativo de la Muestra (S_m):

$$S_m = \frac{\gamma_m}{\gamma_o} = \frac{W_m}{V_m \gamma_o} \text{-----} \quad (6)$$

b.5. Peso Específico Relativo de los Sólidos (S_s):

$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o} \text{-----} (7)$$

c. Relaciones Fundamentales

Duque y Escobar⁴³, nos señala que las relaciones entre las diferentes fases constitutivas del suelo, permiten avanzar sobre el análisis de la distribución de las partículas por tamaños y sobre el grado de plasticidad del conjunto. A continuación nos describe las siguientes relaciones fundamentales para el manejo de las propiedades de un suelo:

c.1. Porosidad " η "

Se define como la probabilidad de encontrar vacíos en el volumen total. Por eso $0 < \eta < 100\%$ (se expresa en %). En un sólido perfecto $\eta = 0$; en el suelo $\eta \neq 0$ y $\eta \neq 100\%$.

$$\eta = \frac{V_v}{V_T} \times 100(\%) \text{-----} (8)$$

c.2. Relación de Vacíos " e "

Es la relación entre el volumen de vacíos y el de los sólidos. Su valor puede ser $e > 1$ y alcanzar valores muy altos. En teoría $0 < e \rightarrow \infty$.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \text{-----} (9)$$

⁴³ DUQUE E. Gonzalo y ESCOBAR, Carlos Enrique. Origen formación y constitución del suelo, pág. 9-11.

c.3. Densidad Relativa “ D_R ”

Este parámetro nos informa si un suelo está cerca o lejos de los valores máximo y mínimo de densidad, que se pueden alcanzar.

Además $0 \leq D_R \leq 1$, siendo más resistente el suelo cuando el suelo está compacto y $D_R \approx 1$ y menor cuando está suelto y $D_R \approx 0$.

$$D_R = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \text{-----} (10)$$

c.4. Grado de Saturación “ S ”

Se define como la probabilidad de encontrar agua en los vacíos del suelo, por lo que $0 \leq S \leq 100\%$. Físicamente en la naturaleza $S \neq 0\%$, pero admitiendo tal extremo, $S = 0\% \rightarrow$ suelo seco y $S = 100\% \rightarrow$ suelo saturado.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100(\%) \text{-----} (11)$$

c.5. Contenido de Aire “ C_A ”

Probabilidad de encontrar aire en los vacíos del suelo. $0 \leq C_A \leq 100\%$. En el suelo saturado, los vacíos están ocupados por agua $C_A = 0$ y en el suelo seco, por aire $C_A = 100\%$. Naturalmente, $S + C_A = 100\%$.

$$C_A = \frac{V_A}{V_v} \times 100 \text{-----} (12)$$

c.6. Contenido de Humedad “ ω ”

Es la relación entre el peso del agua del espécimen, al peso de los sólidos. El valor teórico del contenido de humedad varía entre:

$0 \leq \omega \rightarrow \infty$. En la práctica, las humedades varían de 0 (cero) hasta valores del 100%.

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \text{-----} (13)$$

2.5.2.9 Exploración de Suelos

Braja M. Das⁴⁴, nos señala que: el proceso de identificar las capas o estratos de depósitos que subyacen bajo una estructura propuesta y sus características físicas se denomina exploración del subsuelo. A continuación se tiene algunas consideraciones.

a. Propósito de la Exploración del Suelo

La exploración del suelo tiene el propósito de obtener información que ayude al ingeniero en:

- a.1. Seleccionar el tipo y profundidad de la cimentación adecuada para una estructura dada.
- a.2. Evaluar la capacidad de carga de la cimentación.
- a.3. Estimar el asentamiento probable de una estructura.
- a.4. Detectar problemas potenciales de la cimentación (por ejemplo, suelo expansivo, suelo colapsable, relleno sanitario, etc.)
- a.5. Determinar la localización del nivel freático.
- a.6. Predecir el empuje lateral de la tierra en estructuras como muros de retención, tablaestacados y cortes arriostrados.
- a.7. Establecer métodos de construcción para condiciones cambiantes del subsuelo.

⁴⁴ BRAJA M, Das. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, pág.90.

b. Programa de exploración del subsuelo

Según el **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, Norma E050)**⁴⁵, nos indica lo siguiente:

b.1. Recolección de Información Preliminar del terreno a investigar

b.1.1. Plano de ubicación y accesos.

b.1.2. Plano topográfico con curvas de nivel. Si la pendiente promedio del terreno fuera inferior al 5%, bastará un plano planimétrico. En todos los casos se hará indicación de linderos, usos del terreno, obras anteriores, obras existentes, situación y disposición de acequias y drenajes. En el plano deberá indicarse también, de ser posible, la ubicación prevista para las obras.

b.2. Recolección de Información Preliminar del terreno de la obra cimentar

b.2.1. Características generales acerca del uso que se le dará, número de pisos, niveles de piso terminado, área aproximada, tipo de estructura, sótanos, luces y cargas estimadas.

b.2.2. En el caso de edificaciones especiales (que transmitan cargas concentradas importantes, que presenten luces grandes o alberguen maquinaria pesada o que vibre), deberá contarse con la indicación de la magnitud de las cargas a transmitirse a la cimentación y niveles de

⁴⁵ MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de Edificaciones, NORMA E. 050, Suelos y Cimentaciones, pág. 225-226.

piso terminado, o los parámetros dinámicos de la máquina.

- b.2.3.** Las edificaciones deberán ser clasificadas de acuerdo a uno de los tipos determinados en la Tabla N° 10.

Los tipos de edificación A, B y C designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo, siendo el A más exigente que el B y éste que el C.

b.3. Recolección de información preliminar (Datos generales de la zona)

- b.3.1.** Usos anteriores del terreno (terreno de cultivo, cantera, etc.).

- b.3.2.** Fenómenos de geodinámica externa de conocimiento del Propietario o del vecindario, que puedan de alguna manera afectar al terreno tanto en su capacidad portante, deformabilidad e integridad.

- b.3.3.** Construcciones antiguas, restos arqueológicos u obras semejantes que puedan afectar de alguna manera la aplicabilidad irrestricta de las conclusiones del EMS.

b.4. Recolección de Información Preliminar (De los terrenos colindantes)

Datos disponibles sobre EMS efectuados.

b.5. Recolección de información preliminar (De las edificaciones adyacentes)

Número de pisos incluidos sótanos, tipo y estado de las estructuras. De ser posible tipo y nivel de cimentación.

Tabla N° 10. Tipos de Edificaciones

TIPO DE EDIFICACIÓN					
CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS* (m)	N° DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	>12
APORTICADA DE ACERO	< 12	C	C	C	B
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	B	A	-	-
BASE DE MAQUINAS Y Y SIMILARES	Cualquiera	A	-	-	-
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	B	A	A	A
* Cuando la distancia sobrepasa a la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9m de altura		> 9m de altura	
		B		A	

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.050

b.6. Reconocimiento del Terreno

Braja M. Das⁴⁶, nos señala que: el Ingeniero debe siempre hacer una inspección visual del lugar de estudio para obtener información sobre:

b.6.1. La topografía general del lugar, la posible existencia de canales de drenaje, botaderos de basura y otros

⁴⁶ BRAJA M. Das. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. (7ma. ed.), pág.91.

materiales. Además la evidencia del flujo plástico en taludes y grietas profundas y ampliar a intervalos regularmente espaciados puede ser indicativo de suelos expansivos.

- b.6.2.** Estratificación del suelo en cortes profundos, como los que se realizan para la construcción de las vías.
- b.6.3.** Tipo de vegetación en el sitio que indique la naturaleza del suelo.
- b.6.4.** Huellas de niveles altos del agua en edificios y en estribos de puentes.
- b.6.5.** Niveles de agua freática, que son determinados por observación de pozos cercanos.
- b.6.6.** Tipos de construcciones vecinas y existencia de grietas en muros u otros problemas

La Naturaleza de la estratificación y propiedades físicas de suelos vecinos, también se obtienen de reportes disponibles de la exploración del sub suelo para estructuras existentes.

b.7. Investigación del Sitio

La fase de investigación del sitio del programa de exploración consiste en la planeación, efectuar sondeos de prueba y recolectar muestras del suelo a los intervalos deseados para subsecuentes observaciones y pruebas de laboratorio. La Profundidad mínima aproximada requerida de los sondeos debe ser predeterminada.

La Profundidad puede ser cambiada durante la operación de barrenado o de excavación a suelo abierto, dependiendo del sub suelo encontrado.

c. Métodos de Exploración de Suelos

Ralph Brazelton Peck, Walter E. Hanson, Thomas H. Thornburn⁴⁷, nos indican lo siguiente: para que el ingeniero pueda proyectar una cimentación inteligentemente, debe tener un conocimiento razonable de las propiedades físicas y disposición de los materiales del subsuelo. A las operaciones de campo y de laboratorio necesarias para obtener esta información esencial se les llama exploración del suelo o programa de exploración. Debido a lo complejo de los depósitos naturales, ningún método de exploración es el mejor para todos los casos.

El método que más se adapta a una variedad de condiciones consiste en hacer sondeos en el terreno y extraer muestras para su identificación y, en algunos casos, para hacerles pruebas. Para sondear, comúnmente se usan varios métodos. De la misma manera se dispone de una variedad de métodos de muestreo. La elección depende de la naturaleza del material y del objeto del programa de exploración.

c.1. Pozos a Cielo Abierto

M.J. Tomlinson⁴⁸, nos describe lo siguiente: proporcionan una visión clara de la estratificación de los suelos y de la presencia de cristales o bolsas de material más débil. Facilitan la toma de muestras de suelo cortadas a mano, evitando la alteración. Son especialmente valiosos para investigar la naturaleza del material

⁴⁷ BRAZELTON PECK, Ralph. HANSON, Walter Edward. HAMPTON THORNBURN, Thomas. Ingeniería de Cimentaciones, pág. 137

⁴⁸ TOMLINSON M. J. Cimentaciones, Diseño y Construcción, pág. 19.

de relleno, ya que las capas de depósitos sueltos o material deteriorado se pueden reconocer en seguida.

c.2. Perforaciones

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁴⁹, no indica lo siguiente: normalmente en estos sondeos exploratorios, la muestra de suelo obtenida es completamente alterada (excepto cuando se emplee equipo muy especial) las perforaciones pueden ser llevadas a cabo en estado seco, así como mediante el método lavado. Las herramientas para sondeo exploratorios por rotación son barrenos helicoidales (mayormente en perforaciones secas) o barrenos de perforación (herramienta de ataque). En ciertos casos, hay que emplear un sondeo entubado (en suelo muy suelto) para el muestreo se utiliza herramientas especiales, como las cucharas muestreadoras. Cuando un sondeo alcanza una capa de roca más ó menos firme, no es posible lograr penetración mediante herramientas arriba mencionadas, si no se ha de recurrir a herramientas diferentes (brocas de cincel, brocas de diamante, etc.)

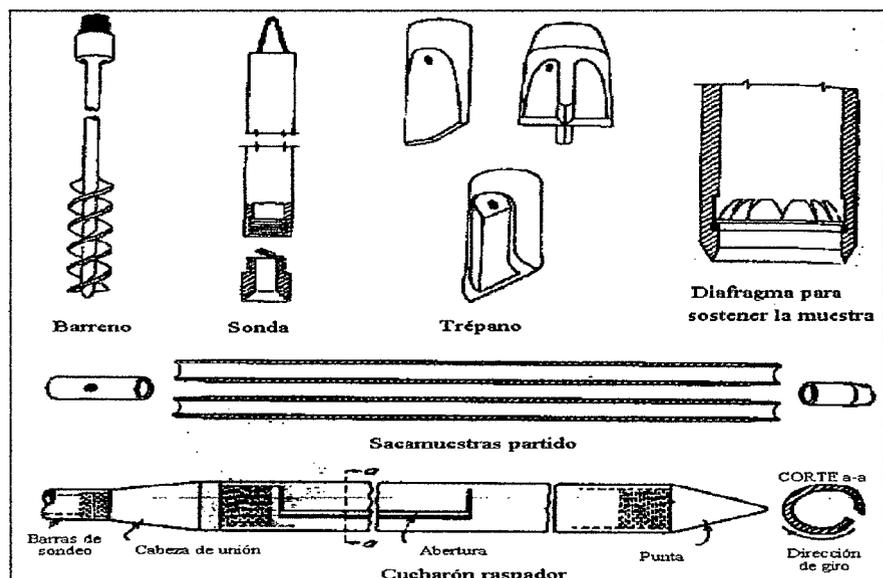


Figura N°15. Herramientas para sondeos por perforaciones.

(Fuente: Juárez y Rico, 1992)

⁴⁹ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 62.

d. Profundidad de Exploración

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, Norma E.050)⁵⁰, nos describe que: la profundidad de exploración está definida por la profundidad del suelo afectado por las presiones de soporte de la cimentación.

Se determina de la siguiente manera:

EDIFICIO SIN SÓTANO: $p = D_f + Z$

EDIFICIO CON SÓTANO: $p = h + D_f + Z$

e. Toma de Muestras (para ensayos de laboratorio)

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁵¹, no indica lo siguiente:

e.1. Muestras Alteradas

Estas muestras se obtienen tanto en pozos a cielo abierto como en perforaciones. La textura original del suelo ya está destruida con estas muestras.

No es posible determinar la compacidad ni el peso volumétrico (densidad aparente) del suelo, no obstante sirven para precisar otras propiedades físicas, tales como la granulometría, límites de plasticidad, peso específico de sólidos.

Las muestras alteradas se sacarán en todo cambio en los estratos, o por lo menos de cada metro de profundidad. Para poder determinar el contenido de humedad es necesario poner las muestras inmediatamente dentro de un recipiente hermético cerrado a menos que exista un equipo para averiguar el contenido de humedad In Situ.

⁵⁰ MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de Edificaciones, NORMA E. 050, Suelos y Cimentaciones, pág. 228.

⁵¹ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 67-68.

e.2. Muestras Inalteradas

Estas muestras que conservan su estado original (la compacidad natural, peso volumétrico original, etc.) serán obtenidas cuando sea necesario determinar ciertas propiedades del suelo (compacidad, resistencia, asentamiento, permeabilidad etc.).

En perforaciones es muy difícil obtener muestras inalteradas, para tales fines, se requiere de equipo muy especial, y además se obtiene las muestras solamente de suelos cohesivos o de rocas. Sin embargo, en pozos a cielo abierto no es problemático sacar las muestras inalteradas, para este propósito se puede utilizar un cilindro de acero de la forma siguiente:

Las muestras inalteradas se obtendrá también cortando cubos mediante un cuchillo longitudinal de arista del cubo ± 15 cm.

Dado el caso, que no se investigue a las muestras inmediatamente después del muestreo, entonces las muestras deberán cubrirse herméticamente con parafina o en caso de que se haya extraído con cilindro muestreador este debe taparse a ambos extremos.

Tabla N° 11. Tipos de muestras

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERISTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos	Bloques	Inalterada	Deben mantenerse inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo. (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada el tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169 (ASTM D1587) Muestreo Geotécnico de Suelos con tubo de Pared Delgada	Tubos de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.050

2.5.2.10 Granulometría en Suelos

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁵², no indica que el ingeniero interesado en suelos deberá estar suficientemente enterado de los métodos y criterios basados en la distribución granulométrica.

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo.

Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o SUCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

a. Distribución del Tamaño de Partículas

Campos y Guardia⁵³, nos indican lo siguiente: de acuerdo al tamaño predominante de partículas que contenga el suelo, los suelos generalmente son llamados: grava, arena, limo, arcilla o una mezcla de ellos.

Diversas organizaciones que estudian aspectos relacionados con el suelo han elaborado sistemas de clasificación para identificar el tamaño de las partículas de un suelo para sus propósitos específicos. En la Tabla N° 12 se muestra algunos de los sistemas más conocidos empleados por estas organizaciones para identificar las partículas del suelo.

⁵² MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 81.

⁵³ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 29-31.

Tabla N° 12. Sistemas para identificar el tamaño de partículas

NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN	TAMAÑO DE PARTÍCULAS en mm			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Massachusetts Institute of Tecnology (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
U.S. Department of Agriculture (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.003
American Association of State Highway and Transportation (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.004
Unified Soil Clasification System (US)	75 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (limos y arcillas) < 0.075	

Fuente: Braja M. Das, 1998

El sistema de clasificación unificado (SUCS) ha sido adoptado como el estándar por la ASTM (American Society for Testing and Materials) y el reglamento que esta sociedad ha desarrollado para el análisis y estudio del suelo es aceptado a nivel internacional.

a.1. Grava

Según la norma ASTM D2487 el tamaño de estas partículas varía de 75 a 4.75 mm, estas a su vez están divididas en dos categorías: grava gruesa que está comprendida entre 75 y 19 mm y grava fina que está comprendida entre 19 y 4.75 mm.

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca de textura redondeada, debido al desgaste que sufren las partículas al ser transportadas por las corrientes de los ríos. Como material suelto suele encontrarse en los lechos, márgenes, en los conos de deyección de los ríos y suele encontrarse depósitos con grandes cantidades.

a.2. Arena

Se llama arena a las partículas granulares de textura variada procedentes de la desintegración de las rocas o de su trituración artificial y cuyo tamaño según la norma ASTM D2487 varía entre 4.75 a 0.075 mm, la arena está clasificada en tres categorías: arena gruesa que tiene un tamaño de 4.75 a 2 mm, la arena mediana de

un tamaño comprendido entre 2 y 0.425 mm y la arena fina comprendida entre 0.425 y 0.075 mm. El origen y la existencia de la arena es análoga a la de la grava, comúnmente las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. Principalmente está compuesta de cuarzo y otros minerales que dan resistencia mecánica a las partículas.

a.3. Limo

El limo es una partícula mineral pequeña de textura granular o escamosa, que suele encontrarse en las canteras y en los ríos. El tamaño de las partículas de limo según la norma ASTM D2487 es menor a 0.075 mm. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. El suelo compuesto por limo es relativamente impermeable, fácilmente erosionable.

a.4. Arcilla

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas de textura escamosa, compuestas de minerales de arcilla con un tamaño diminuto mucho menor a 0.075 mm. La arcilla químicamente es un silicato hidratado de: aluminio, hierro o magnesio. Las microestructuras que forman las partículas diminutas que componen la arcilla ocasionan que esta sea poco permeable y el contenido de humedad comunica a la masa de suelo la propiedad plástica.

a.5. Guijarro y Canto Rodado

Existen partículas de mayor tamaño que la grava, según la norma ASTM D2487 a las partículas con tamaño comprendido entre 75 a 350 mm se las llama guijarro o bolón y a las que superan los 350 mm se las denomina canto rodado. Por lo general estos dos tipos de partículas son fragmentos de roca, constituyen ser componentes aislados del suelo y suelen aparecer sobre o por debajo de la superficie terrestre.

a.6. Materia Coloidal

Existen también partículas muy pequeñas que no pueden llegar a ser vistas fácilmente. Las partículas con tamaño menor a 2 μm , constituyen la fracción más fina de los suelos. Que pueden ser distinguidas con la ayuda de un microscopio potente y su estructura molecular puede ser analizada por medio de los rayos X, a este tipo de partículas se las conoce como coloide o ultra-arcilla. Estas partículas debido a su tamaño no suelen considerarse dentro los sistemas de clasificación, pero forman parte de la fracción fina del suelo.

b. Suelo de Grano Grueso

Campos y Guardia⁵⁴, no indican que estos suelos están constituidos de partículas con textura granular compuestas de fragmentos de roca y mineral. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño comprendido entre 75 y 0.075 mm, que corresponde al tamaño de la grava y arena. Aunque en su mayoría contienen partículas mayores a 0.075 mm también contienen material fino en pequeña cantidad, como conjunto estos suelos tienen mayor resistencia a la erosión.

b.1. Distribución Granulométrica

Braja M. Das⁵⁵, sostiene que en cualquier masa del suelo, los tamaños de los granos varían considerablemente. Para clasificar apropiadamente un suelo se debe conocer su distribución granulométrica. La distribución granulométrica de suelos de grano grueso es generalmente determinada mediante análisis granulométrico por mallas. Para suelo de grano fino, la distribución granulométrica puede obtenerse por medio de análisis granulométrico por hidrómetro.

⁵⁴ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 31.

⁵⁵ BRAJA M., Das. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, pág.02.

b.2. Análisis Mecánico por Tamices

Campos y Guardia⁵⁶, no indican que debido al tamaño de las partículas y la forma granular que presentan estos suelos, fácilmente puede clasificarse los distintos tamaños de las partículas que lo constituyen mediante tamices con diferentes aberturas. A este análisis se lo llama: **análisis granulométrico** del suelo.

El tamiz o criba, consiste de un plato de acero inoxidable con una malla metálica adherida en la parte inferior con aberturas de tamaño uniforme. Existen dos tamaños estándar de tamices los de 8" y 12".

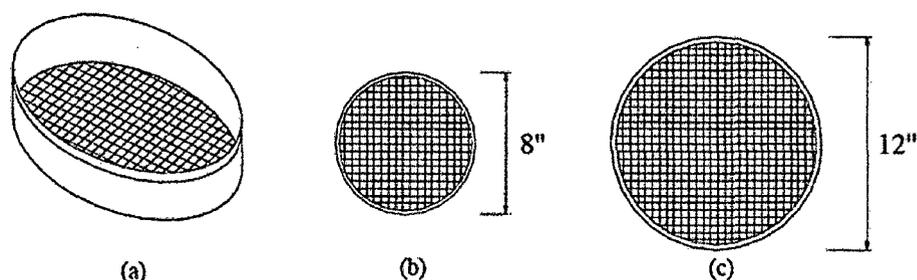


Figura N° 16. Tamices para el análisis de suelo de grano grueso
 (a) Tamiz. (b) Tamiz de 8". (c) Tamiz de 12"
 (Fuente: Norma ASTM D422 y E100)

La Figura N° 16 muestra la serie ASTM de tamices de 8" y 12" disponibles en el mercado para el análisis mecánico del suelo, el tamaño de la abertura de la malla (expresado en milímetros) está identificado por un número de tamiz. No es necesario tener todos los tamices para realizar un análisis granulométrico del suelo, simplemente bastan algunos tamaños que están en función al sistema de clasificación del tamaño de partículas que se esté empleando.

⁵⁶ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 31-36.

En el sistema de clasificación unificado (SUCS) las partículas consideradas grano grueso tienen un tamaño mayor a 0.075 mm, por lo tanto el tamiz: Nro. 200 retiene las partículas de grano grueso y deja pasar las partículas finas del suelo, por lo que el tamiz Nro. 200 clasifica las partículas de grano grueso de las finas.

Dentro las partículas de grano grueso el tamaño de la arena está comprendido entre 4.75 y 0.075 mm, el tamiz: Nro. 4 retiene los tamaños mayores a 4.75 mm y deja pasar los de menor tamaño que son retenidos en el tamiz Nro. 200. La grava tiene un tamaño comprendido entre 76.2 y 4.75 mm, el tamiz de 3" retiene partículas mayores a 76.2 mm y deja pasar partículas de menor tamaño que se retendrán en el tamiz Nro. 4 o en el Nro. 200.

Para el sistema de clasificación unificado es indispensable tener los tamices Nro. 200, 4" y el de 3", sin embargo si se utilizan tamices intermedios a estos tamaños se tendrá un análisis granulométrico más preciso.

Tabla N° 13. Serie ASTM de tamices

TAMICES SERIE ASTM											
Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura
5"	127.00	1 1/2"	38.10	3/8"	9.53	12	1.70	60	0.250	325	0.041
4.24"	107.70	1 1/4"	31.75	5/16"	7.94	14	1.40	70	0.212	400	0.035
4"	101.60	1.06"	26.92	0.265"	6.73	16	1.18	80	0.180	450	0.031
3 1/2"	88.90	1"	25.40	1/4"	6.35	18	1.00	100	0.150	500	0.028
13/4"	82.55	7/8"	22.23	4	4.75	20	0.85	120	0.125	635	0.021
3"	76.20	3/4"	19.05	5	4.00	25	0.71	140	0.106		
2 1/2"	63.50	5/8"	15.88	6	3.35	30	0.60	170	0.090		
2.12"	53.85	0.53"	13.46	7	2.80	35	0.50	200	0.075		
2"	50.80	1/2"	12.70	8	2.36	40	0.43	230	0.065		
1 3/4"	44.45	7/16"	11.11	10	2.00	50	0.36	270	0.053		

Fuente: Norma ASTM D422 y E100

b.3. Curva de Distribución del Tamaño de Partículas

Braja M. Das⁵⁷, nos indica que: la muestra de suelo debe ser tamizada por lo menos 15 minutos, donde cada tamiz retendrá una fracción de masa de suelo y el plato inferior retendrá las partículas más finas del suelo menores a 0.075 mm para otros propósitos.

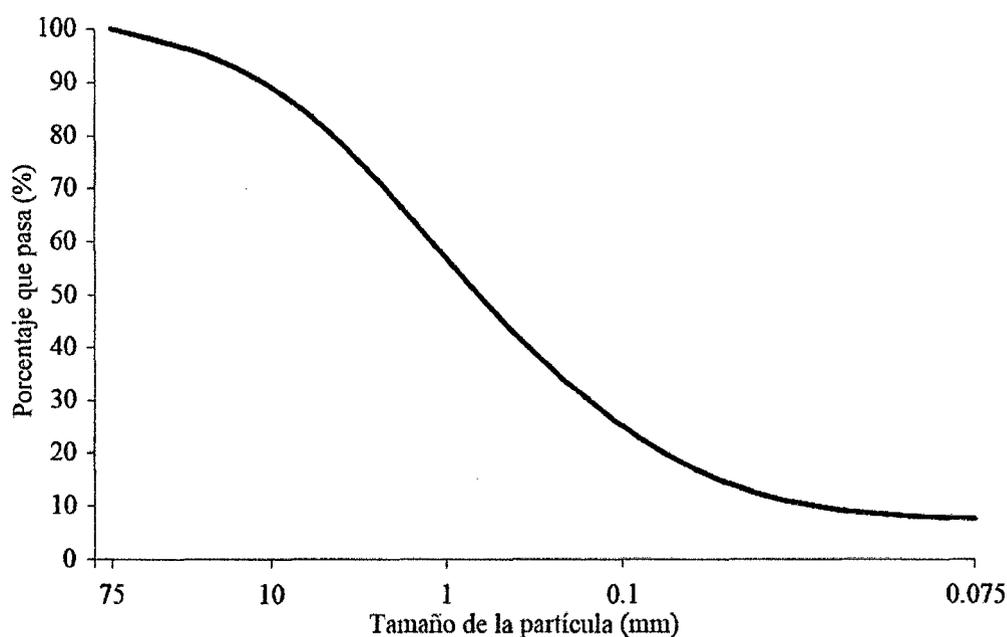


Figura N° 17. Curvas de distribución del tamaño de partículas.
(Fuente: Braja M: Das, 2007)

b.4. Parámetros de la Curva de Distribución del Tamaño de Partículas

A partir de la curva de distribución del tamaño de partículas, se puede obtener cantidades en porcentaje de un tamaño de partículas especial que contenga el suelo. El diámetro de la partícula (D_i) se refiere al tamaño del grano o diámetro aparente de una partícula de suelo y el subíndice que lo acompaña indica la cantidad de partículas en porcentaje más pequeñas que ésta.

⁵⁷ BRAJA M., Das. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, pág.02.

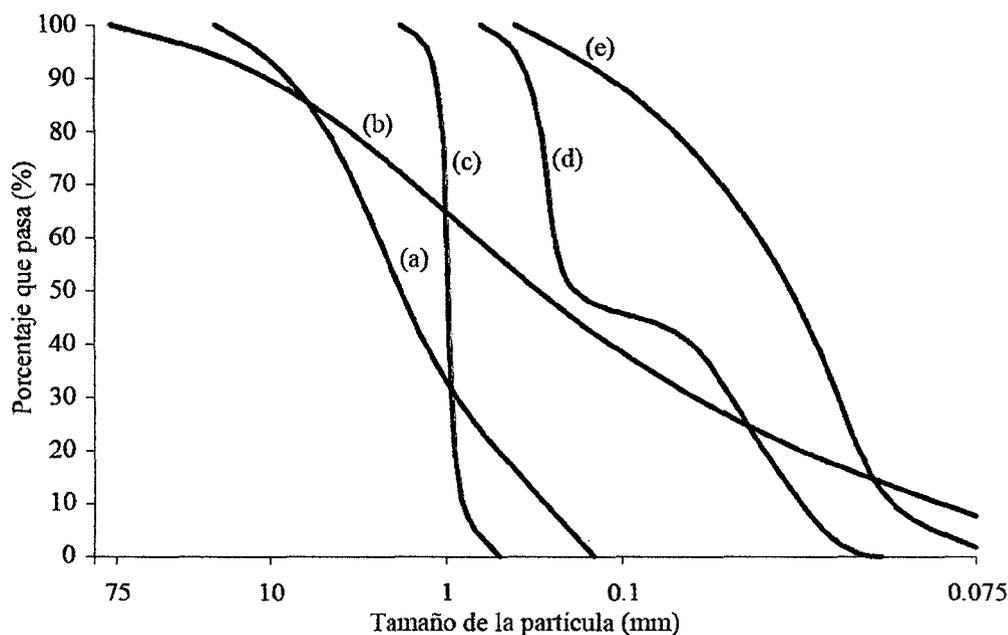


Figura N° 18. Curvas de distribución del tamaño de partículas de cinco suelos. (a) Suelo de grano grueso (grava y arena). (b) Suelo bien gradado con una amplia variedad de tamaños de partícula. (c) Suelo de grano grueso con una reducida variedad de tamaños de partícula. (d) Suelo con gradación hueca, no contiene un cierto rango de tamaños de partícula. (e) Suelo compuesto de partículas finas (limo y arcilla). (Fuente: Donald P. Coduto, 1999).

c. Suelos Finos

Los suelos finos están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular y en hojuelas. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino.

2.5.2.11 Plasticidad en Suelos

Campos y Guardia⁵⁸, nos indican que se realizó una serie de experimentos con suelos finos haciendo variar su contenido de

⁵⁸ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 44-45.

humedad, con el objetivo de encontrar la relación que existe entre el contenido de humedad y la consistencia del suelo. Este investigador observó que para ciertos contenidos de humedad el suelo presentaba uno de los cuatro estados distintos de consistencia, que son: sólido, semisólido, plástico y líquido.

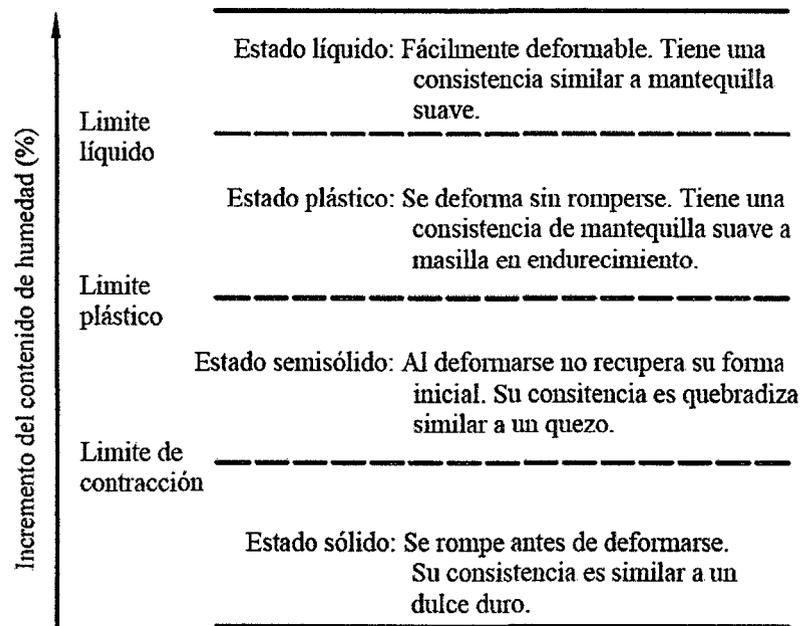


Figura N° 19. Consistencia del suelo según al contenido de humedad
(Fuente: Coduto, 1999)

Posteriormente Terzaghi y Casagrande idearon métodos para determinar estos contenidos de humedad específicos para los distintos estados de consistencia, descritos en la norma ASTM D427 y D4318, en la actualidad a estos contenidos de humedad especiales se los conoce como límites de Atterberg o de consistencia. Puede hablarse de los límites de Atterberg en suelos que tienen un tamaño de partículas que pasan por el tamiz Nro. 40. Para un bajo contenido de humedad el suelo tendrá una consistencia sólida a semisólida, a medida que se va incrementando el contenido de humedad el suelo progresivamente tomará una consistencia plástica y finalmente para un contenido de humedad muy alto el suelo tendrá una consistencia líquida. La Figura N° 19 muestra las diferentes consistencias del suelo en función al incremento del contenido de humedad. Los límites de Atterberg son

contenidos de humedad específicos en los cuales el suelo se encuentra en etapa de transición, de un estado de una consistencia a otro.

a. Estados de Consistencia

Campos y Guardia⁵⁹, nos indican lo siguiente:

a.1. Liquidez

Se llama liquidez al estado líquido que presenta el suelo cuando el contenido de humedad supera al límite líquido. En este estado la fuerza de atracción que actúa entre las partículas compuestas de minerales de arcilla disminuye, debido a la gruesa capa de agua que se forma en la superficie de estas por la abundante cantidad de moléculas de agua.

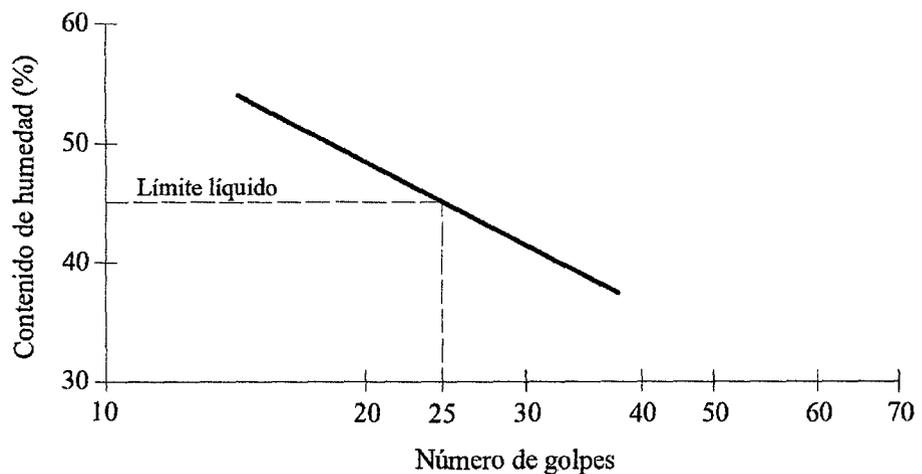


Figura N° 20. Determinación del límite líquido del suelo.
(Fuente: Casagrande, 1932)

a.2. Plasticidad

La plasticidad es una propiedad característica de los suelos finos, donde el contenido de humedad del suelo está comprendido entre el límite líquido y plástico. En este estado el suelo permite ser moldeado de manera similar a la masa o la plastilina, debido a que

⁵⁹ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 45-51.

el contenido de humedad del suelo contiene la cantidad ideal de moléculas de agua para que la fuerza de atracción entre las partículas compuestas de minerales de arcilla sea la mayor.

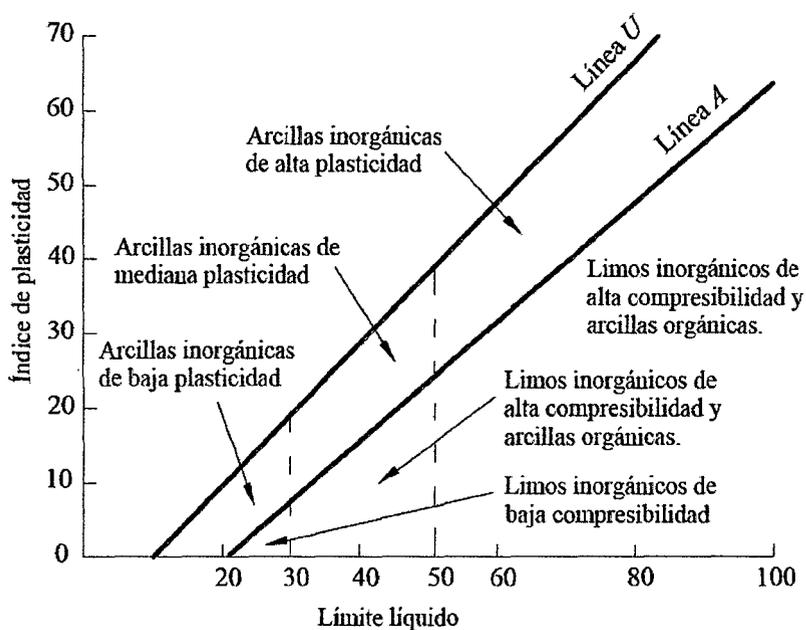


Figura N° 21. Plasticidad en suelos (Fuente: Casagrande, 1932)

a.3. Contracción

Un suelo fino que contenga en su mayor parte partículas compuestas de minerales de arcilla variará de volumen de acuerdo a su contenido de humedad, por lo tanto a medida que aumente el contenido de humedad también proporcionalmente aumentará su volumen, la Figura N° 22 muestra la relación entre el contenido de humedad y el volumen del suelo.

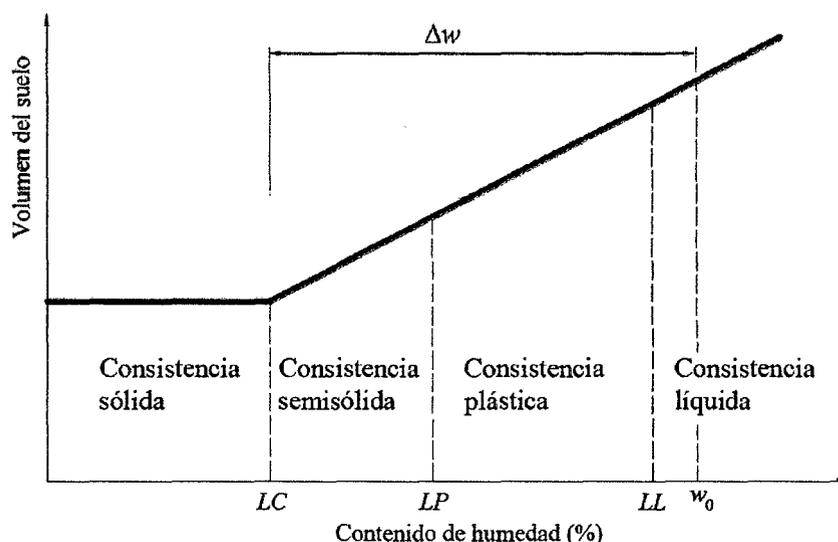


Figura N° 22. Variación del volumen respecto al contenido de Humedad. (Fuente: Casagrande, 1932)

b. Límites de Consistencia (Atterberg)

Braja M. Das⁶⁰, nos describe que cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, este puede fluir como un semilíquido. Si el suelo es secado gradualmente, se comportará como una 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 que el suelo cambia de un estado plástico a un semisólido y de un semisólido a un sólido se definen como límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC), respectivamente. Éste se denomina límites de Atterberg.

- b.1.** El límite líquido de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes.
- b.2.** El límite plástico se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de 3.18 mm de diámetro.

⁶⁰ BRAJA M., Das. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, pág.15-16.

b.3. El límite de contracción se define como contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua.

La diferencia entre el límite líquido y el plástico de un suelo se define como índice de plasticidad.

$$IP = LL - PL \text{ ----- (14)}$$

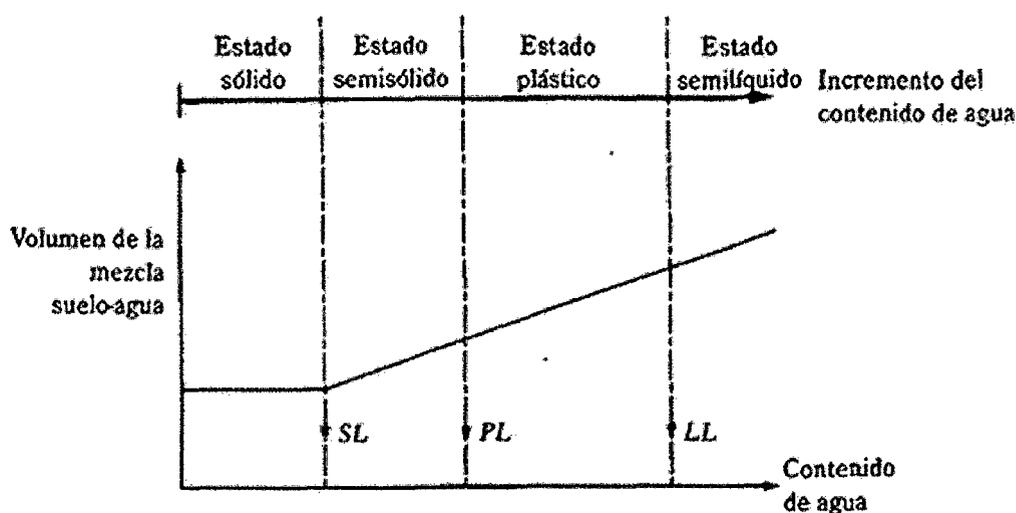


Figura N° 23. Definición de los Límites de Atterberg
(Fuente: Braja M. Das 2001)

c. Ecuación de la Curva de Fluidez

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁶¹, nos indica lo siguiente:

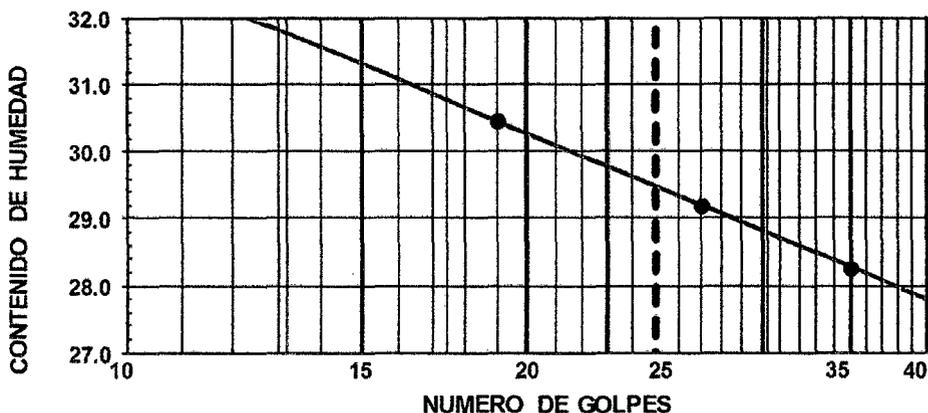


Figura N° 24. Curva de fluidez (Fuente: Martínez, 2003)

⁶¹ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 102-103.

$$LL = W = I_f \log N + C \text{-----} (15)$$

Donde:

C : Constante que representa la ordenada de la abscisa de 1 golpe

W : Contenido de humedad, como porcentaje del peso seco

I_f : Índice de fluidez pendiente de la curva de fluidez, igual a la variación del contenido de agua correspondiente a un ciclo de la escala logarítmica.

N : Número de golpes en la copa de Casagrande

$$I_f = \frac{\Delta W\%}{\Delta N} \text{-----} (16)$$

Es la pendiente de la curva de fluidez

$$I_f = \frac{W\%_1 - W\%_2}{\text{Log}N_1 - \text{Log}N_2} \text{-----} (17)$$

d. Índice de Tenacidad

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁶², nos indica que la tenacidad queda definida por el valor del esfuerzo cortante capaz de resistir el suelo en el límite plástico.

$$I.T = \frac{IP}{I_f} \text{-----} (18)$$

Donde:

$$IP = LL - LP$$

I_f : Índice de fluencia

⁶² MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 102.

e. Grado de Consistencia (K_w)

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁶³, nos indica que a partir de los valores del límite líquido y plástico se puede determinar el grado de consistencia.

$$K_w = \frac{LL - W\%_{nat}}{LL - LP} \text{-----} (19)$$

Donde:

LL : Límite líquido

$W\%_{nat}$: Contenido de humedad natural

LP : Límite plástico

$K_w < 0$: Consistencia líquida

$0 < K_w < 0.50$: Consistencia viscosa

$0.5 < K_w < 0.75$: Consistencia suave

$0.75 < K_w < 1$: Consistencia plástica (semirígida)

$K_w > 1$: Consistencia media dura, dura sólida.

2.5.2.12 Clasificación de Suelos

Campos y Guardia⁶⁴, nos indican que: debido a la gran variedad de suelos que pueden encontrarse en la corteza terrestre es que se han desarrollado varios sistemas de clasificación para poder identificarlos, elaborados de acuerdo a la aplicación que se les da a los mismos. El clasificar un suelo consiste en agrupar al mismo en grupos y/o subgrupos de suelos que presentan un comportamiento semejante con propiedades ingenieriles similares.

⁶³ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 103.

⁶⁴ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 54-56.

En este capítulo se analizarán el sistema de clasificación Unificado SUCS y el sistema de clasificación AASHTO, que son los sistemas de clasificación más utilizados por la mayor parte de los ingenieros de todo el mundo.

a. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El sistema de clasificación SUCS está basado en la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad. Este sistema de clasificación también se basa en la gráfica de plasticidad, que fue obtenida por medio de investigaciones realizadas en laboratorio por A. Casagrande (1932).

a.1. Características del Sistema de Clasificación Unificado (ASTM D-2487)

Clasifica a los suelos en cuatro principales categorías, cada una de estas categorías usa un símbolo que define la naturaleza del suelo:

a.1.1. Suelos de Grano Grueso

Son de naturaleza tipo grava y arena con menos del 50% pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G para la grava o suelo gravoso del inglés "Gravel" y S para la arena o suelo arenoso del inglés "Sand".

a.1.2. Suelos de Grano Fino

Son aquellos que tienen 50% o más pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M para limo inorgánico del sueco "mo y mjala", C para arcilla inorgánica del inglés "Clay".

a.1.3. Suelos Orgánicos

Son limos y arcillas que contienen materia orgánica importante, a estos se los denomina con el prefijo O del inglés "Organic".

a.1.4. Turbas

El símbolo Pt se usa para turbas del inglés "peat", lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Para este sistema de clasificación son también usados sufijos que identifican algunas características particulares del suelo:

- W.** Bien graduado del inglés "Well graded".
- P.** Mal graduado del inglés "Poorly graded".
- L.** Baja plasticidad, límite líquido menor a 50%, del inglés "Low plasticity".
- H.** Alta plasticidad, límite líquido mayor a 50%, del inglés "High plasticity".

a.2. Un Símbolo Doble

Corresponde a dos símbolos separados por un guión, e.g. GP-GM, SW-SC, CL-ML, los cuales se usan para indicar que el suelo tiene propiedades de dos grupos.

Estos se obtienen cuando el suelo tiene finos entre 5 y 12% o cuando las coordenadas del límite líquido y el índice de plasticidad caen en el área sombreada CL-ML de la carta de plasticidad. La primera parte del doble símbolo indica si la fracción gruesa es pobremente o bien graduada.

b. Criterios para la Clasificación “SUCS” según Resultados Obtenidos por Medio de Ensayos de Laboratorio

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁶⁵, nos indica lo siguiente:

b.1. Suelos de Grano Grueso (más del 50% será retenido por la malla N° 200)

b.1.1. Distinción entre grava y arena (G, S)

> 50% retenido por la malla N° 4 (4.75 mm) G.

< 50% retenido por la malla N° 4 (4.75 mm) S.

b.1.2. Material que pasa por la malla N° 200 (0.075 mm)

< 5% gravas o arenas limpios bien ó mal graduados: GW, GP o SW, SP.

> 12% gravas ó arenas con finos GM, GC, ó SM, SC.

Entre 5 y 12% símbolos mixtos: por ejemplo GW + GP

b.1.3. Determinación de la graduación para suelos de grano grueso con pocos finos (menor del 12% que pase la malla N° 200).

- **Coficiente de uniformidad.**

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{-----} (20)$$

Debe ser > que 3 para GW, SW.

- **Coficiente de graduación**

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60}D_{10}} \text{-----} (21)$$

Debe estar entre 1 y 3, entonces será GW y SW;

⁶⁵ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 120-123.

Será GP y SP, si no cumplen con este requisito

b.1.4. Suelos de grano grueso con finos (GM, GC, ó SM, SC)

Se toma en cuenta los límites:

▪ **Para GM Y SM (Suelos limosos)**

Los límites deben encontrarse bajo la línea "A" o el IP debe ser menor de 4.

▪ **Para GC y SC (mezclas bien graduadas con arcilla):**

Los límites deben encontrarse sobre la línea "A" o el IP debe ser mayor de 7.

b.2. Suelos de Grano Fino:

Esta clasificación está basada sólo en los límites de Atterberg para la fracción que pasa la malla N°40, y se obtiene utilizando la carta de plasticidad.

b.2.1. Grupo CL y CH (constituido por arcilla inorgánica)

- El grupo **CL** comprende a la zona sobre la línea "A"
LL < 50 % y IP > 7 %
- El grupo **CH** comprende a la zona arriba de "A"
LL < 50 %

b.2.2. Grupo ML y MH (limos inorgánicos)

- El grupo **ML** comprende a la zona bajo la línea "A" con
IP < 4 %
- El grupo **MH**, corresponde a la zona debajo de la línea "A"
LL > 50 %

Los suelos finos que caen sobre la línea "A" con $4\% < I < 7\%$, se consideran como casos de frontera asignándoles el símbolo CL – ML.

b.2.3. Grupo OL y OH (Suelos orgánicos):

Las zonas correspondientes son las mismas que los de los grupos ML y MH. Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el LL. De una arcilla crezca sin apreciable cambio de su IP.

b.2.4. Grupos Pt:

El límite líquido de estos grupos suele estar entre el 300 y 500 %, quedando su posición en la carta de plasticidad netamente debajo de la línea "A".

De la carta de plasticidad

CH: Arcilla inorgánica de alta plasticidad

CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad

OH: Arcilla orgánica de alta plasticidad

OL: Arcilla orgánica de baja plasticidad

MH: Limo inorgánico de alta plasticidad

ML: Limo inorgánico de baja plasticidad

OL: Limo orgánico de baja plasticidad

OH: Limo orgánico de alta plasticidad

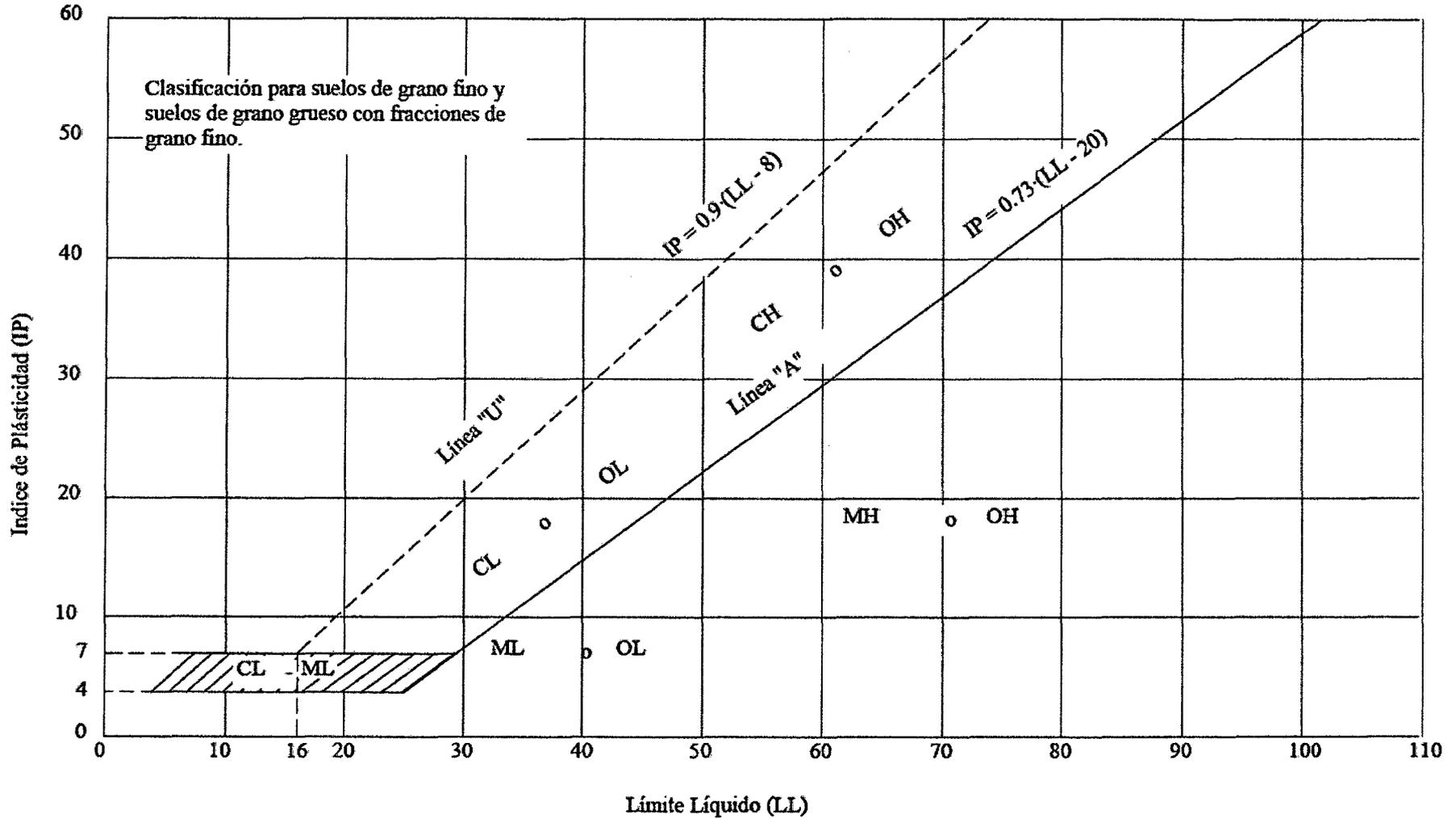


Figura N°25. Carta de plasticidad (Fuente: Norma ASTM, 2003)

c. Sistema de Clasificación AASHTO

Campos y Guardia⁶⁶, nos describen que el sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, subrasantes, sub bases y bases de las carreteras. Sin embargo es necesario recordar que un suelo que es bueno para el uso de subrasantes de carreteras puede ser muy pobre para otros propósitos.

c.1. Características del Sistema de Clasificación AASHTO (ASTM D-3282)

Campos y Guardia⁶⁷, clasifica a los suelos en tres principales categorías:

c.1.1. Suelos granulares

Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-1, A-2 y A-3.

c.1.2. Suelos limo-arcilla o material fino

Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

⁶⁶ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 65-66.

⁶⁷ CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV-219. (Tesis de Grado), pág. 65-66.

c.1.3. Suelos orgánicos

Son los suelos que están constituidos principalmente por materia orgánica. Este tipo de suelos constituye el grupo A-8.

Establece un rango del índice de plasticidad que diferencia a los suelos limosos de los suelos arcillosos.

c.1.4. El término **limoso** es aplicado a la fracción fina del suelo que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos.

c.1.5. El término **arcilloso** es aplicado cuando la fracción fina tiene un índice de plasticidad de 11 o más.

c.2. Índice de Grupo

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁶⁸, nos indica lo siguiente:

Los siete grupos básicos se han dividido en sub grupos con un índice de grupo, con el fin de aproximar dentro de las valorizaciones del grupo, los índices de grupo van de cero (0) para la mejor subrasante a 20 para pésimas. Los incrementos de valor de los índices de grupo reflejan una reducción en la capacidad para soportar cargas, por el efecto combinado de cimiento del LL e IP y disminución en el % de material grueso.

Se obtiene mediante el uso de una fórmula para índice de grupo basado en la granulometría y los límites (LL – IP) del suelo.

La fórmula del índice de grupo es la siguiente:

Queda definido según la ecuación:

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \text{-----} (22)$$

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10) \text{-----} (23)$$

⁶⁸ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 122-123.

- a: Porción de porcentaje que pasa el tamiz N° 200 mayor del 35% expresada como número entero positivo.
- b: Porción de porcentaje que pasa el tamiz N° 200 mayor del 15% expresada como número entero positivo.
- c: Porción numérica del límite líquido mayor de 40 y que no exceda de 30 número entero.
- d: Porción numérica del IP mayor de 10 y que no exceda de 30 número entero.

El índice de grupo se expresa en un paréntesis después del número del grupo por ejemplo, A – 6 (7). La clasificación de las subrasantes en términos del IG es la Siguiete:

Excelente.....A – 1 (0)	Buena IG de 0 a 1
Regular.....IG de 2 a 4	Mala..... IG de 5 a 9
Muy mala.....IG de 10 a 20	

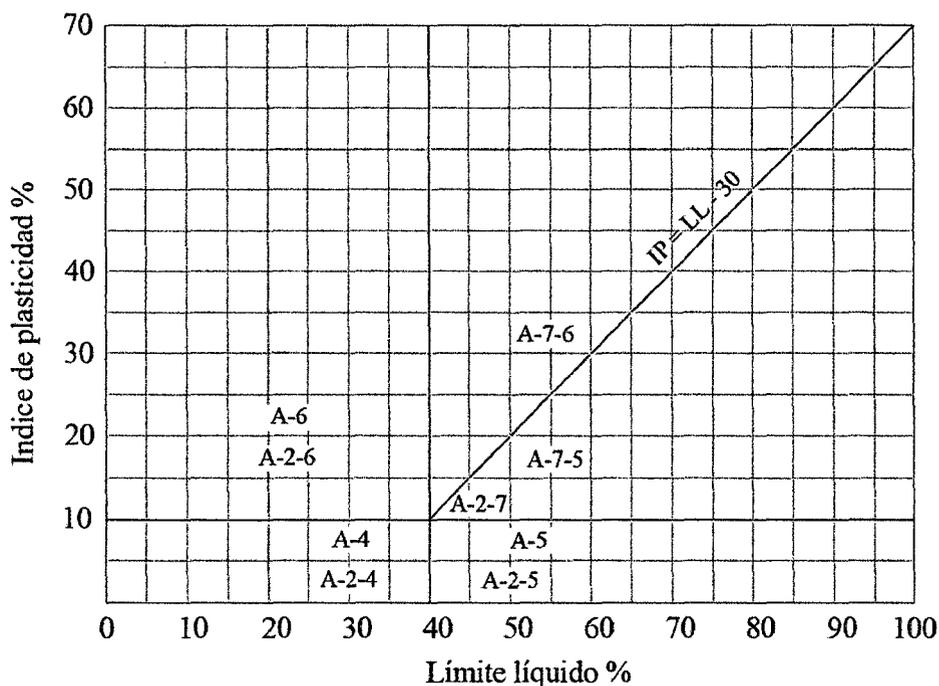


Figura N° 26. Variación del límite líquido e índice de plasticidad para los suelos de los grupos A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7 (Norma ASTM, 2003)

Tabla N° 14. Clasificación de los Suelos Sistema AASHTO (a) Material Granular, (b) Material Fino.

Clasificación general	Materiales Granulares 35% o menos del total de la muestra pasa el tamiz N° 200						
	A-1			A-2			
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por tamices (Porcentaje que pasa por los tamices):							
N° 10 (2.00 mm.)	50 max						
N° 40 (0.425 mm.)	30 max	50 max	51 min				
N° 200 (0.075 mm.)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40							
Límite líquido				40 max	41 min	40 max	41 min
Índice de plasticidad	7 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min
Tipos de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de piedra, grava y arena			Arena fina	Grava o arena limosa o arcilla		

(a)

Clasificación general	Materiales limo - arcilla Mas del 35% del total de la muestra pasa por el tamiz N° 200			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo				A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Análisis por tamices (porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 (0.075 mm.))	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de fracción que pasa por N° 40 (0.425 mm.)				
Límite líquido	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 min	11 min.
Tipos de materiales constituyentes significativos	Suelos limoso		Suelo arcillo	
Relación general como subgrado	Regular a pobre			

^a Para A-7-5, $I_p \leq L_L - 30$

^b Para A-7-6, $I_p > L_L - 30$

(b)

Fuente: Norma ASTM, 2003.

1.5.2.13 Consolidación de Suelos

Braja M. Das⁶⁹, nos describe que un incremento del esfuerzo provocado por la construcción de cimentaciones u otras cargas comprime los estratos del suelo. La compresión es causada por a) deformación de las partículas del suelo, b) reacomodo de las partículas del suelo, y c) expulsión de agua o aire de los espacios vacíos. En general, el asentamiento del suelo causado por cargas se divide en tres amplias categorías:

a. Tipos de Asentamientos

a.1. Asentamiento Inmediato

Provocado por la deformación elástica del suelo seco y de suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de agua. Los cálculos de los asentamientos inmediatos se basan, generalmente, en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad.

a.2. Asentamiento por Consolidación Primaria

Es el resultado de un cambio de volumen en suelos saturados cohesivos debido a la expulsión del agua que ocupa los espacios vacíos.

a.3. Asentamiento por Consolidación Secundaria

Se observa en suelos saturados cohesivos y es resultado del ajuste plástico de la estructura del suelo. Éste sigue al asentamiento por consolidación primaria bajo un esfuerzo efectivo constante.

b. Consideraciones Importantes sobre Consolidación

Cuando un estrato de suelo saturado está sometido a un incremento de esfuerzos, la presión de poro del agua aumenta repentinamente.

⁶⁹ BRAJA M., Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, pág.151..

En suelos arenosos que son altamente permeables, el drenaje causado por el incremento en la presión de poro del agua se lleva a cabo inmediatamente.

El drenaje del agua de los poros va acompañado por una reducción en el volumen de la masa del suelo, generándose un asentamiento.

Debido al rápido drenaje del agua de los poros en los suelos arenosos, el asentamiento inmediato y la consolidación se efectúan simultáneamente. Sin embargo, no es el caso para suelos arcillosos que tienen baja permeabilidad.

El asentamiento por consolidación depende de la consolidación.

c. Arcilla Normalmente Consolidada y Preconsolidada

Un suelo en el campo a cierta profundidad ha estado sometido a una cierta presión efectiva máxima en el pasado de su historia geológica. Esta presión efectiva máxima pasada puede ser igual o mayor que la presión de sobrecarga.

c.1. Normalmente Consolidada

La presión de sobrecarga efectiva presente es la presión máxima a la que el suelo fue sometido en el pasado.

c.2. Preconsolidada

La presión de sobrecarga efectiva presente es la presión máxima a la que el suelo fue sometido en el pasado.

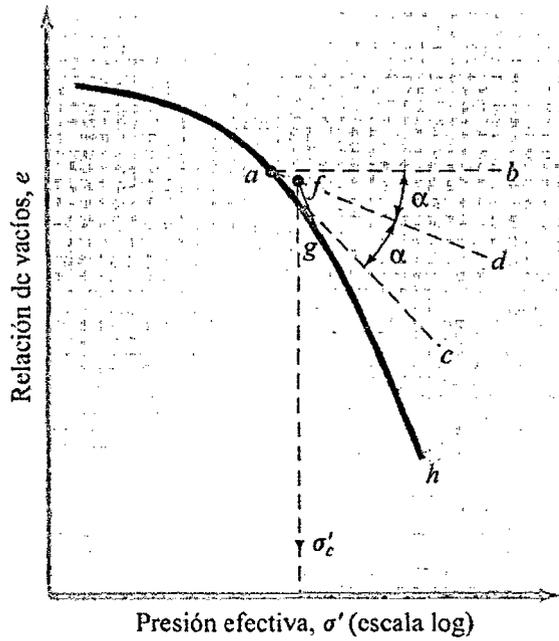


Figura N° 27. Procedimiento gráfico para determinar la Presión de Consolidación. (Fuente: Casagrande, 1936)

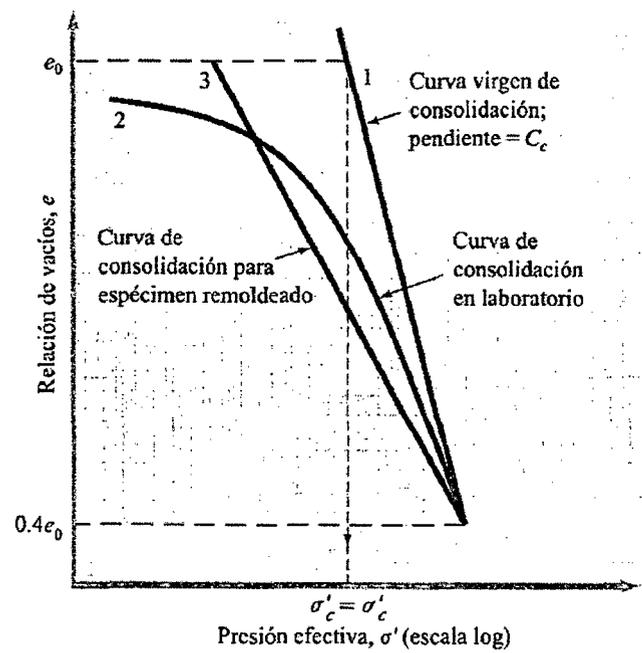


Figura N° 28. Características de Consolidación de una Arcilla Normalmente Consolidada. (Fuente: Terzaghi y Peck, 1967)

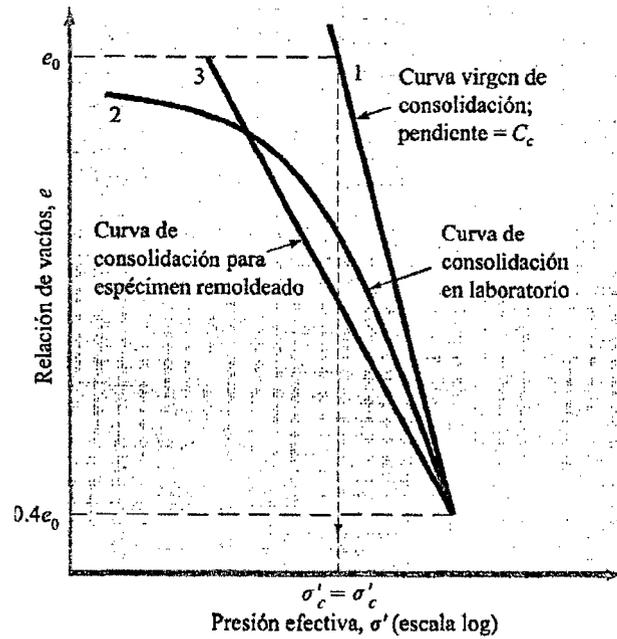


Figura N° 29. Características de consolidación de una arcilla Sobreconsolidada. (Fuente: Schmertmann, 1953)

d. Cálculo de Asentamiento para Arcilla Normalmente Consolidada

Donde:

C_c : Pendiente de la gráfica $e - \log \sigma'_0$

$$S = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right) \text{----- (24)}$$

H : Espesor del subestrato

σ'_0 : Presión de sobrecarga efectiva promedio inicial para el subestrato

$\Delta \sigma$: Incremento de la presión vertical para el subestrato

e_0 : Relación de vacíos

e. Cálculo de Asentamiento para Arcilla Sobreconsolidada

Si, $\sigma'_0 + \Delta\sigma' \leq \sigma'_c$

Donde:

C_s : Pendiente de la curva de expansión

$$S = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}\right) \text{-----} (25)$$

Si, $\sigma'_0 + \Delta\sigma' > \sigma'_c$

$$S = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log\frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_c}\right) \text{-----} (26)$$

1.5.2.14 Esfuerzo de Corte en Suelos

Berry y Reid⁷⁰, nos indican que la resistencia al corte de un suelo determina factores tales como la estabilidad de un talud, la capacidad de carga admisible para una cimentación y el empuje de un suelo contra un muro de contención. El conocimiento de la resistencia al corte es requisito indispensable para cualquier análisis relacionado con la estabilidad de una masa de suelo.

a. Ecuación de Falla de Coulomb

Berry y Reid⁷¹, nos indican que en 1776 Coulomb observó que si el empuje que produce un suelo contra un muro de contención produce un ligero movimiento del muro, en el suelo que está retenido se forma un plano de deslizamiento esencialmente recto. Él postuló que la máxima resistencia al corte, en el plano está dada por:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \text{-----} (27)$$

⁷⁰ BERRY, Peter L y REID, David. Mecánica de Suelos, pág. 181.

⁷¹ BERRY, Peter L y REID, David. Mecánica de Suelos, pág. 181.

Donde:

σ : Esfuerzo normal total en el plano de falla

ϕ : Ángulo de fricción del suelo

c : Cohesión del suelo

La ecuación de Coulomb es una relación puramente empírica y se basa en la ley de fricción de Amonton para el deslizamiento de dos superficies planas, con la inclusión de un término de cohesión “ c ”, para tener en cuenta la sección propia de los suelos arcillosos. Para los materiales granulares $c = 0$, y por tanto:

$$\tau = \sigma \tan \phi \text{-----} (28)$$

b. Cohesión

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁷², nos señala que viene a ser la resistencia al corte cuando una tensión normal sobre el plano de deslizamiento es nula. La cohesión depende de la humedad del suelo; se mide en Kg. /cm². Los suelos arcillosos tienen cohesión alta de 0.25 a 1.5 Kg. /cm², ó más. Los suelos limosos tienen muy poca, y en las arenas la cohesión es prácticamente nula.

c. Fricción interna

Enrique Napoleón Martínez Quiroz⁷³, nos señala que es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre superficies de contacto de las partículas. Depende de la granulometría y forma de sus partículas. Así tenemos:

$\phi = 0^\circ$, Para arcillas plásticas.

$\phi = 45^\circ$, Para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares.

$\phi = 30^\circ$, Para arenas.

⁷² MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 48.

⁷³ MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. Principios de Mecánica de Suelos, pág. 49.

d. Condiciones de Drenaje para Ensayos de Corte Directo

En el curso de geotécnica, versión online de la Universidad Católica de Valparaíso⁷⁴, nos describe que los ensayos de corte directo en laboratorio se pueden clasificar en tres tipos, según exista drenaje y/o consolidación de la muestra, por lo tanto los valores de c y ϕ dependen esencialmente de la velocidad del ensayo y de la permeabilidad del suelo.

d.1. Ensayo No Consolidado No Drenado (UU)

Es un ensayo rápido, donde se inicia antes de consolidar la muestra bajo la carga normal (P_v); si el suelo es cohesivo y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. Generalmente la recta intrínseca en el diagrama de τ contra σ es horizontal, donde $\tau = Cu$. No se permite el drenaje de la muestra en todo el ensayo.

d.2. Ensayo Consolidado No Drenado (CU)

En este ensayo se permite que la muestra drene o se consolide durante la aplicación de la carga vertical, de modo que en el momento de aplicar el esfuerzo de corte las presiones intersticiales sean nulas, pero no durante la aplicación del esfuerzo cortante. La tensión de corte es rápida para que la presión de poros no pueda disiparse en el transcurso del ensayo. Estos ensayos no se usan en suelos permeables y es necesario medir el movimiento vertical durante la consolidación (drenaje) para saber cuándo se ha producido por completo. Por lo tanto la ecuación de coulomb se transforma en:

$$\tau = c + (\sigma + \mu) * \tan \phi \dots\dots\dots (29)$$

⁷⁴ Sitio web: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cortedirecto.pdf, visita: 25 de junio 2015.

d.3. Ensayo Consolidado Drenado (CD)

La velocidad de corte es lenta, se permite el drenaje de la muestra durante todo el ensayo, siendo las presiones intersticiales nulas, durante la aplicación del esfuerzo cortante ($\mu = 0$), esto implica que: $\sigma = \sigma', c = c', \phi = \phi'$

2.5.2.15 Cimentaciones Superficiales

Juarez y Rico⁷⁵, nos describen que la parte inferior de una estructura se denomina generalmente cimentación y su función es transferir la carga de la estructura al suelo en que ésta descansa. Una cimentación adecuadamente diseñada es la que transfiere la carga a través del suelo sin provocar mucho esfuerzo a éste. Para que una estructura se comporte satisfactoriamente, las cimentaciones deben tener las siguientes características principales.

a. Características principales de las cimentaciones

Juarez y Rico⁷⁶, nos describen lo siguiente:

- a.1. La cimentación debe ser segura contra una falla por corte general del suelo que lo soporta.
- a.2. La cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo, es decir un asentamiento excesivo. (El término excesivo es relativo, porque el grado de asentamiento permisible en una estructura depende de varias consideraciones)

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

⁷⁵ JUÁREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos – Tomo II, pág. 380.

⁷⁶ JUÁREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos – Tomo II, pág. 380.

b. Capacidad de carga última

Juárez y Rico⁷⁷, nos describen que el asentamiento se incrementa bajo una carga aplicada gradualmente. Cuando la carga toma un valor de q_u se produce una falla súbita del suelo que lo soporta a la cimentación. Esta carga q_u se denomina "capacidad de carga última de la cimentación". Se presentan 3 tipos de fallas por corte:

b.1. Falla general por corte

Es un tipo de falla súbita del suelo, que va acompañada por una falla en la superficie del terreno, se presenta en arenas densas o arcillas duras.

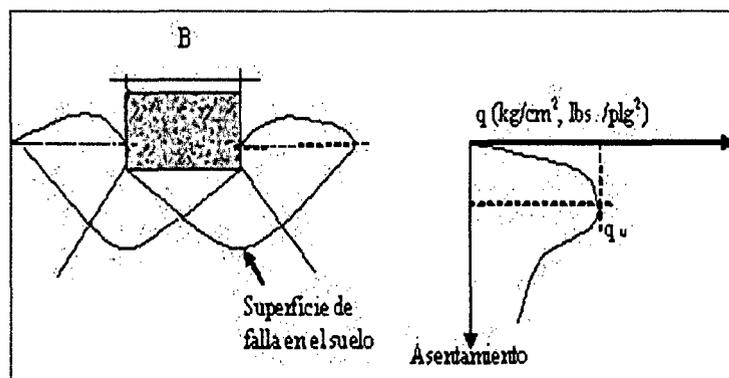


Figura N° 30. Falla General por Corte. (Fuente: Vesic, 1973)

b.2. Falla local por corte

Para suelos arenosos o arcillosos de compacidad media, un incremento de la carga en la cimentación estará acompañado por un incremento considerable de los asentamientos, cuando la carga alcanza un valor $q_u(1)$ el movimiento de la cimentación estará acompañado de giros súbitos, y grandes asentamientos, se producirán al alcanzar la capacidad de carga última (q_u), en este caso la superficie de la falla en el suelo se extiende gradualmente hacia fuera de la cimentación. La carga por unidad de área de la cimentación $q_u(1)$ se denomina carga primera de falla (Vesic 1963).

⁷⁷ JUÁREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos – Tomo II, pág. 381.

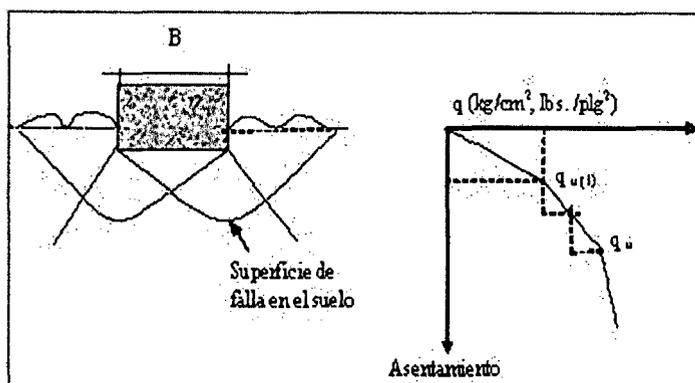


Figura N° 31. Falla local por corte. (Fuente: Vesic, 1973)

b.3. Falla de corte por punzonamiento

En arenas sueltas o arcillas blandas, la superficie de falla no se extenderá a la superficie del terreno, para valores de carga más grandes que q_u , la gráfica de carga vs asentamiento tendrá una fuerte pendiente y será prácticamente lineal.

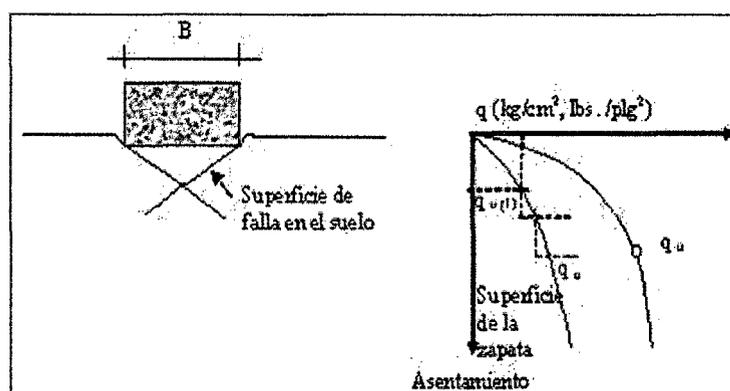


Figura N° 32. Falla de Corte por Punzonamiento. (Fuente: Vesic, 1973)

c. Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi

Braja M. Das⁷⁸, sostiene que: Terzaghi en 1943, fue el primero en presentar su teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con ésta, una cimentación es superficial si: $D_f \leq B$ (figura N° 33). Sin embargo, investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con $D_f = 3$ o

⁷⁸ BRAJA M., Das. Principio de Ingeniería de Cimentaciones, pág. 156-169.

4 veces el ancho de la cimentación pueden ser definidas como cimentaciones superficiales, (D_f : profundidad de desplante y B : ancho de la cimentación).

Terzaghi sugirió que para una cimentación corrida ($B/L \rightarrow 0$), la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede suponerse similar a la mostrada en la (figura N° 33). El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobre carga equivalente efectiva $q = \gamma D_f$, (Donde γ = peso específico del suelo).

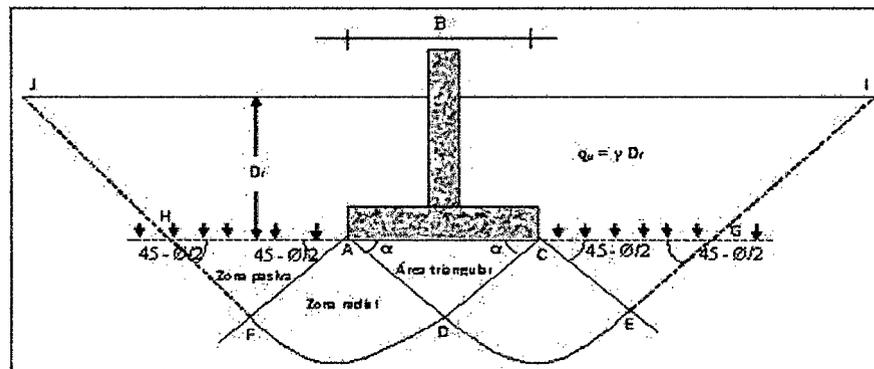


Figura N° 33. Falla por Capacidad de Carga en un Suelo Bajo una Cimentación Rígida Corrida. (Fuente: Terzaghi, 1943)

La zona de falla bajo la cimentación puede separarse en tres partes:

- La zona triangular ACD inmediatamente debajo de la cimentación.
- Las zonas de corte radiales ADF y CDE, con curvas DE Ydf como arcos de una espiral logarítmica.
- Dos zonas pasivas de Rankine triangulares AFH y CEG.

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

c.1. Caso de Falla General

- **Para cimentación corrida**

$$q_U = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (30)$$

Donde:

c : Cohesión del suelo

γ : Peso específico del suelo

q : γD_f

N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo ϕ de fricción del suelo.

Los factores de capacidad de carga N_c, N_q, N_γ , se definen mediante las siguientes expresiones:

$$N_c = \cot \phi \left[\frac{e^{2 \left(\frac{3\pi}{4-\phi} \right) \text{tg} \phi}}{2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] = \cot \phi (N_q - 1) \dots\dots\dots (31)$$

$$N_q = \frac{e^{2 \left(\frac{3\pi}{4-\phi} \right) \text{tg} \phi}}{2 \cos^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)} \dots\dots\dots (32)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \dots\dots\dots (33)$$

Donde, K_{py} = coeficiente de empuje pasivo

Las variaciones de los factores de capacidad de carga definidos por las ecuaciones (31), (32), (33), se presentan en la tabla N°15.

▪ Para cimentación cuadrada

$$q_U = 1.3cN_C + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots (34)$$

▪ Para cimentación circular

$$q_U = 1.3cN_C + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots (35)$$

Tabla N° 15. Factores de Capacidad de Carga de Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993)

Fuente: BRAJA M. Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones

c.2. Caso de Falla Local

Terzaghi sugirió modificaciones a las ecuaciones (31), (32) y (33), de la siguiente manera:

- **Para cimentación corrida**

$$q_U = \frac{2}{3}cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2}\gamma BN'_\gamma \dots\dots\dots (36)$$

- **Para cimentación cuadrada**

$$q_U = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma \dots\dots\dots (37)$$

- **Para cimentación circular**

$$q_U = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_\gamma \dots\dots\dots (38)$$

Donde:

c: Cohesión del suelo

γ: Peso específico del suelo

q: γD_f

N'_c, N'_q, N'_γ: Factores de capacidad de carga modificada. Estos se calculan usando las ecuaciones para el factor de capacidad de carga

(para *N_c, N_q, N_γ*), reemplazando ϕ por $\phi' = tg^{-1}\left(\frac{2}{3}tg\phi\right)$. La variación

de *N'_c, N'_q, N'_γ*, con ϕ se presentan en la tabla N°16.

Tabla N° 16. Factores de Capacidad de Carga Modificados de Terzaghi N'_c , N'_q , N'_r

ϕ	N'_c	N'_q	N'_r	ϕ	N'_c	N'_q	N'_r
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	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	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	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	0.30	37	28.51	15.32	10.90
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	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: BRAJA M. Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones

Las ecuaciones de capacidad de carga de Terzaghi se modifican para tomar en cuenta los efectos de la forma de la cimentación (B/L), profundidad de empotramiento (D_f), e inclinación de la carga.

d. Modificación de las Ecuaciones de la Capacidad de Carga por Presencia del Nivel Freático

Braja M. Das⁷⁹, sostiene que las ecuaciones anteriores se desarrollaron para determinar la capacidad de carga última con base en la hipótesis de que el nivel freático esté localizado muy por debajo de la cimentación, sin embargo, si el nivel freático está cerca de la cimentación será necesario modificar las ecuaciones de capacidad

⁷⁹ BRAJA M., Das. Principio de Ingeniería de Cimentaciones, pág. 159-161.

de carga, dependiendo de la localización del nivel freático. (Ver figura N° 34)

d.1. Caso I

Si el nivel freático se localiza de manera que $0 \leq D1 \leq Df$, el factor q en las ecuaciones de la capacidad de carga toma la forma:

$$q = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w) \dots\dots\dots (39)$$

Donde:

γ_{sat} = Peso Específico saturado del suelo

γ_w = Peso específico del agua

Además, el valor de γ en el último término de las ecuaciones tiene que ser reemplazado por: $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

d.2. Caso II

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

$$q = \gamma D_f \dots\dots\dots (40)$$

El factor γ en el último término de las ecuaciones de la capacidad de apoyo debe reemplazarse por el factor:

$$\bar{\gamma} = \gamma' - \frac{d}{B}(\gamma - \gamma') \dots\dots\dots (41)$$

Las anteriores modificaciones, se basan en la hipótesis de que no exista fuerza de filtración en el suelo.

d.3. Caso III

Cuando el nivel freático se localiza de manera que el $d \geq B$, el agua no afectará la capacidad de carga última.

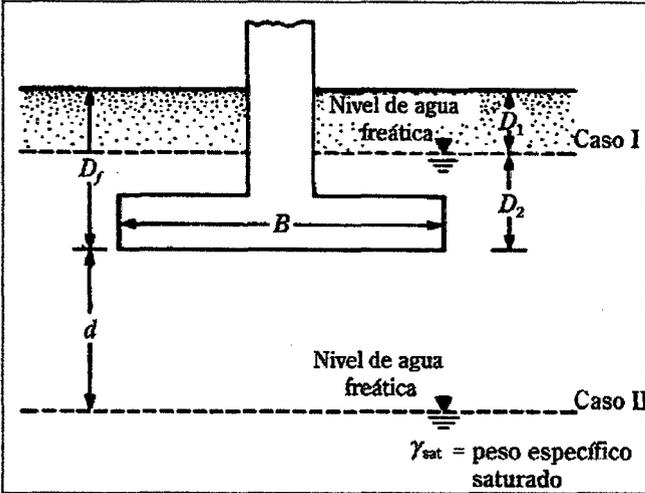


Figura N° 34. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel de aguas freáticas. (Fuente: Braja M. Das, 2001)

e. Capacidad de Carga Admisible

Braja M. Das⁸⁰, sostiene que el cálculo de la capacidad de carga bruta admisible de cimentaciones superficiales requiere de aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \dots\dots\dots (42)$$

Sin embargo, algunos ingenieros prefieren usar un factor de seguridad de:

$$I_{neto} = \frac{q_u}{FS} \dots\dots\dots (43)$$

La capacidad de carga última neta se define como la presión última por unidad de área de la cimentación que es soportada por el suelo en exceso de la presión causada por el suelo que la rodea en el nivel

⁸⁰ BRAJA M., Das. Principio de Ingeniería de Cimentaciones, pág. 164-165.

de la cimentación. Si la diferencia entre el peso específico del concreto usado para la cimentación y el peso específico del suelo que la rodea se supone insignificante:

$$q_{neta(u)} = q_u - q \dots\dots\dots (44)$$

Donde:

$q_{neta(u)}$: Capacidad de carga última neta

$$q = \gamma D_f$$

Entonces:

$$q_{neta(u)} = \frac{q_u - q}{FS} \dots\dots\dots (45)$$

f. La Ecuación General de la Capacidad de Carga, Teoría de Meyerhof

Braja M. Das⁸¹, Las ecuaciones de capacidad de carga última presentadas anteriormente, son únicamente para cimentaciones corridas, cuadradas y circulares. Éstas no se aplican al caso de cimentaciones rectangulares (0<B/L<1). Además, las ecuaciones no toman en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del fondo de la cimentación (porción de la superficie de falla denotada como GI y HJ, en la figura 31). Además, la carga sobre la cimentación puede estar inclinada. Para tomar en cuenta todos los factores, Meyerhof (1963) sugirió la siguiente forma de ecuación general de capacidad de apoyo:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \dots\dots\dots (46)$$

⁸¹ BRAJA M., Das. Principio de Ingeniería de Cimentaciones, pág. 166-168.

Donde:

c : Cohesión del suelo

q : $D_f \gamma$ (Esfuerzo efectivo a nivel del fondo de la cimentación)

γ : Peso específico del suelo

B : Ancho de la cimentación (diámetro para una cimentación circular)

$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$: Factores de forma

$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$: Factores de profundidad

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$: Factores por inclinación de la carga

$N_c N_q N_\gamma$: Factores de capacidad de carga

f.1. Factores de la Capacidad de Carga

Con base en estudios de laboratorio y campo sobre capacidad de carga, la naturaleza básica de la superficie de falla en suelos sugerida por Terzaghi parece ahora ser correcta (Vesic, 1973). Sin embargo, el ángulo α como se observa en la figura 31, es más cercano a $45^\circ + \phi/2$, que a ϕ , si se acepta esta afirmación, los valores de N_c, N_q, N_γ para un ángulo de fricción del suelo cambiará también respecto a los proporcionados en la tabla N° 15.

Con $\alpha = 45^\circ + \phi/2$

Reissner (1924), presentó la siguiente ecuación:

$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} \dots \dots \dots (47)$$

Prandt (1921), obtuvo la siguiente ecuación:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \dots \dots \dots (48)$$

Coquot, Kerisel (1953) y Vesic (1973) dieron la relación para N_γ según la siguiente ecuación:

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\cot\phi \dots\dots\dots (49)$$

La tabla N° 17 muestra la variación de los factores de capacidad de carga anteriores con los ángulos de fricción del suelo.

f.2. Factores de Forma

Beer y Hansen (1970), propusieron las siguientes ecuaciones:

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \dots\dots\dots (50)$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan\phi \dots\dots\dots (51)$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \dots\dots\dots (52)$$

Donde L= Longitud de la cimentación, (L>B)

f.3. Factores de Profundidad

Hansen (1970), propuso las siguientes ecuaciones:

Condición (a): $\frac{D_f}{B} \leq 1$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B} \dots\dots\dots (53)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan\phi(1 - \text{sen}\phi)^2 \frac{D_f}{B} \dots\dots\dots (54)$$

$$F_{yd} = 1 \dots\dots\dots (55)$$

Condición (b): $\frac{D_f}{B} > 1$

$$F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right) \dots\dots\dots (56)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen} \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right) \dots\dots\dots (57)$$

$$F_{yd} = 1 \dots\dots\dots (58)$$

f.4. Factores de Inclinación

Meyerhof (1963), Meyerhof y Hanna (1981), propusieron las siguientes ecuaciones:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2 \dots\dots\dots (59)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2 \dots\dots\dots (60)$$

Donde β = Inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical.

El factor $\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ está en radianes.

Tabla N° 17. Factores de Capacidad de Carga

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\tan\phi$	ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\tan\phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

* Según Vesic (1973)

Fuente: BRAJA M. Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones

g. Modificación de la Ecuación General de Capacidad de Carga por Presencia del Nivel Freático

Braja M. Das⁸², sostiene que cuando el nivel freático esté en o cerca de la cimentación, los factores q y γ , dados en la ecuación general de capacidad de carga, tendrá que modificarse. El procedimiento para cambiarlos es el mismo al descrito anteriormente para Terzaghi.

Para condiciones de carga no drenadas (concepto $\phi = 0$) en suelos arcillosos, la ecuación general de capacidad de carga de apoyo, toma la forma (carga vertical).

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} + q \dots \dots \dots (61)$$

⁸² BRAJA M., Das. Principio de Ingeniería de Cimentaciones, pág. 169.

Por tanto, la capacidad de carga última (carga última) es:

$$q_{neta(u)} = q_u - q = cN_c F_{cs} F_{cd} \dots\dots\dots (62)$$

Skempton (1951), propuso una ecuación para la capacidad de carga última neta para suelos arcillosos (condición $\phi = 0$), que es similar a la ecuación (62).

$$q_{neta(u)} = 5c \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B} \right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L} \right) \dots\dots\dots (63)$$

2.5.2.16 Teoría de Boussinesq – Isóbaras de Tensión (Distribución de Tensiones en el Terreno)

a. Consideraciones de la Teoría de Boussinesq

El documento de distribución de presiones en el subsuelo, versión online del portal Scribd⁸³, nos indica que la teoría de Boussinesq:

a.1. Nos permite calcular las presiones creadas a una profundidad “Z”, producida por una carga dispuesta en la superficie del terreno.

a.2. Según esta teoría a una profundidad de 1.50 la dimensión más pequeña de la superficie de carga (1.5 B), las presiones que se generan son del orden de la 1/10 parte de la presión generada en la superficie.

a.3. En consecuencia teóricamente los terrenos deberán investigarse hasta esa profundidad, sin embargo, cuando el terreno es de buena calidad o roca, la profundidad es menor.

⁸³ Sitio web: <http://es.scribd.com/doc/56472455/DISTRIBUCION-DE-PRESIONES-EN-EL-SUBSUELO>, visita: 25 de junio 2015.

a.4. Boussinesq (1885), desarrolló las relaciones matemáticas para la determinación de los esfuerzos normal y de corte en un punto cualquiera dentro de medios homogéneos, elásticos e isotrópicos debido a una carga puntual concentrada en la superficie.

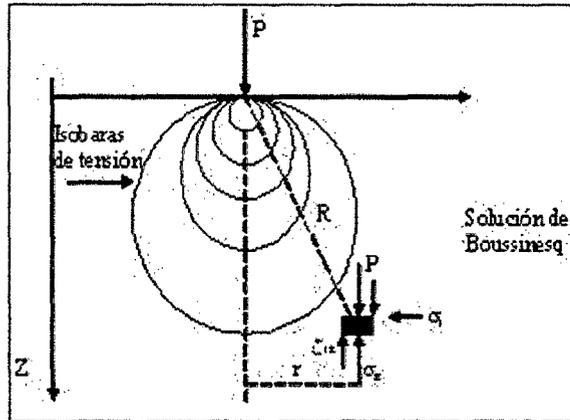


Figura N° 35. Distribución de presiones por una carga puntual "P"
(Fuente: Boussinesq, 1885)

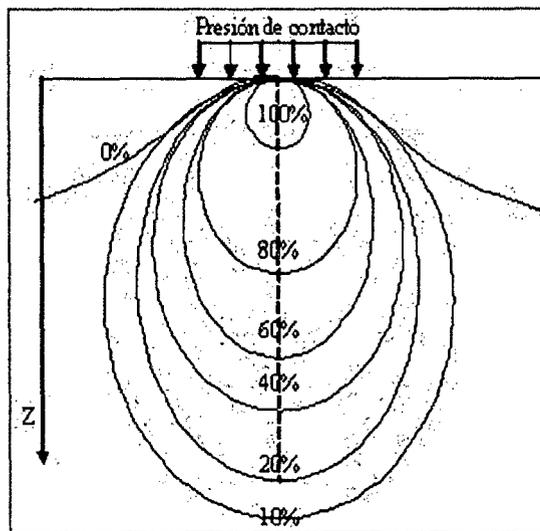


Figura N° 36. Distribución de presiones por una carga distribuida
(Fuente: Boussinesq, 1885)

Esfuerzo vertical

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi Z^2} \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{Z}{r}\right)^2\right]^{\frac{5}{2}}} \dots\dots\dots (64)$$

b. Determinación de la Distribución de Esfuerzos en el Terreno (Uso de Ábacos).

El documento de distribución de presiones en el subsuelo, versión online del portal Scribd⁸⁴, nos señala que para poder calcular los asentamientos debido a las cargas de cimentaciones (con su presión de contacto) es necesario estudiar la intensidad de las tensiones verticales sin tomar en cuenta las tensiones cortantes y tensiones horizontales.

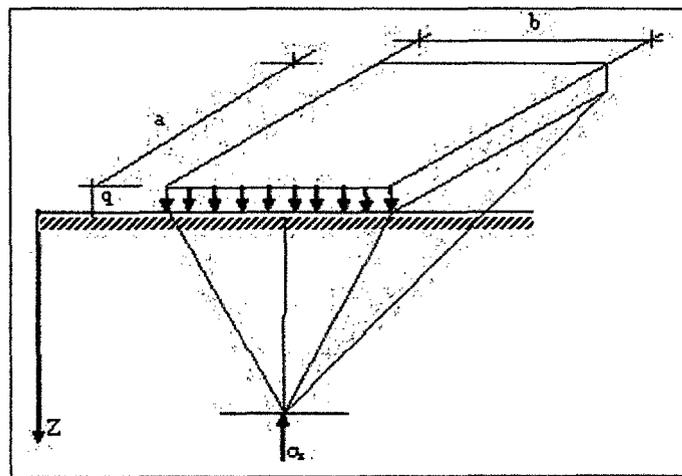


Figura N° 37. Esfuerzo vertical a la profundidad "Z"

(Fuente: Taylor, 1954)

La ecuación simplificada se expresa como:

$$\sigma_z = q \times I \dots\dots\dots (65)$$

Donde:

q : Presión de contacto

I : Índice de influencia (Factor de Influencia). $I : f(m,n)$

a : Longitud, b : ancho

⁸⁴ Sitio web: <http://es.scribd.com/doc/56472455/DISTRIBUCION-DE-PRESIONES-EN-EL-SUBSUELO>, visita: 25 de junio 2015.

$$m = \frac{b}{z}; n = \frac{a}{z} \dots\dots\dots (66)$$

c. Zapatas Rectangulares Uniformemente Cargadas.

El documento de distribución de presiones en el subsuelo, versión online del portal **Scribd**⁸⁵, nos señala que se consideran zapatas rectangulares cuando tiene dos dimensiones en planta de longitud (a) y ancho (b) la misma que soporta una carga uniformemente distribuida (q kg/cm²). Consideremos cuatro casos.

c.1. Tensión vertical σ_z bajo el punto "A" en el vértice a la profundidad "Z"

$$\sigma_z = qxI \dots\dots\dots (67)$$

Se determinará las relaciones: $m = \frac{b}{z}$ y $n = \frac{a}{z}$

I: Valor de Influencia que se determinará de la tabla N° 17.

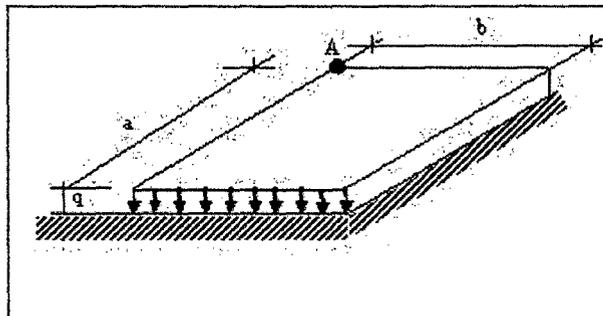


Figura N° 38. Esfuerzo vertical en el vértice "A" a la profundidad "Z"
(Fuente: Taylor, 1954)

c.2. Tensión vertical σ_z bajo el centro "A" de una zapata a la profundidad "Z", a y b representan las mitades de los lados de la zapata se calcula el efecto producido por los cuatro cuartos de la placa.

⁸⁵ Sitio web: <http://es.scribd.com/doc/56472455/DISTRIBUCION-DE-PRESIONES-EN-EL-SUBSUELO>, visita: 25 de junio 2015.

$$\sigma_z = qx4I \dots\dots\dots (68)$$

Para determinar el esfuerzo se analiza según el primer caso, en otras palabras se tendrá cuatro rectángulos de longitud (a) y ancho (b).

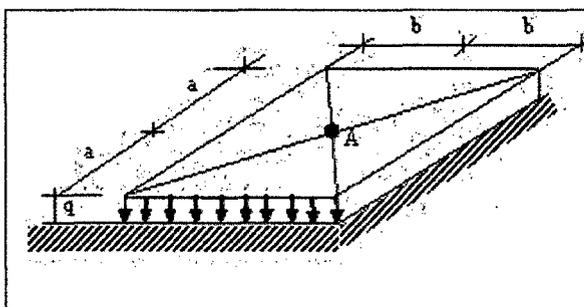


Figura N° 39. Esfuerzo vertical en el centro "A" en la profundidad "Z"
(Fuente: Taylor, 1954)

c.3. Tensión vertical σ_z bajo un punto cualquiera dentro de la zona de la placa a la profundidad "Z".

$$\sigma_z = qx(I_I + I_{II} + I_{III} + I_{IV}) \dots\dots\dots (69)$$

En este caso deben sumarse los efectos producidos por las cuatro placas parciales; (I+II+III+IV) se determinará de cada rectángulo:

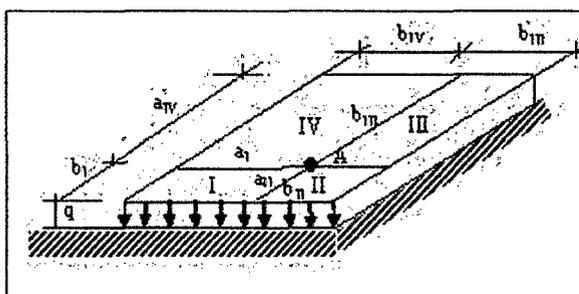


Figura N° 40. Esfuerzo vertical en cualquier punto de la zapata en la Profundidad "Z". (Fuente: Taylor, 1954)

**Tabla N° 18. Variación del factor de influencia, $f = (m,n,z)$ y $(m=b/z; n=a/z)$,
(Newmark 1935)**

m	n											
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40
0.10	0.00470	0.00917	0.01323	0.01678	0.01978	0.02223	0.02420	0.02576	0.02698	0.02794	0.02926	0.03007
0.20	0.09170	0.01790	0.02585	0.03280	0.03896	0.04348	0.04735	0.05042	0.05283	0.05471	0.05733	0.05894
0.30	0.01323	0.02585	0.03735	0.04742	0.05593	0.06294	0.06858	0.07308	0.07661	0.79380	0.08323	0.08561
0.40	0.01678	0.03280	0.04742	0.06024	0.07111	0.08009	0.08734	0.09314	0.09770	0.10129	0.10631	0.10941
0.50	0.01978	0.03866	0.05593	0.07111	0.08403	0.09473	0.10340	0.11035	0.11584	0.12018	0.12626	0.13003
0.60	0.02223	0.04348	0.06294	0.08009	0.09473	0.10688	0.11679	0.12474	0.13105	0.13605	0.14309	0.14749
0.70	0.02420	0.04735	0.06858	0.08734	0.10340	0.11679	0.12772	0.13653	0.14356	0.14914	0.15703	0.16199
0.80	0.02576	0.05042	0.07308	0.09314	0.11035	0.12474	0.13653	0.14607	0.15371	0.15978	0.16843	0.17389
0.90	0.02698	0.05283	0.07661	0.09770	0.11584	0.13105	0.14356	0.15371	0.16185	0.16835	0.17766	0.18357
1.00	0.02794	0.05471	0.07938	0.10129	0.12018	0.13605	0.14914	0.15978	0.16835	0.17522	0.18508	0.19139
1.20	0.02926	0.05733	0.08323	0.10631	0.12626	0.14309	0.15703	0.16843	0.17766	0.18508	0.19584	0.20278
1.40	0.03007	0.05894	0.08561	0.10941	0.13003	0.14749	0.16199	0.17389	0.18357	0.19139	0.20278	0.21020
1.60	0.03058	0.05994	0.08709	0.11135	0.13241	0.15028	0.16515	0.17739	0.18737	0.19546	0.20731	0.21510
1.80	0.30900	0.06058	0.08804	0.11260	0.13395	0.15207	0.16720	0.17967	0.18986	0.19814	0.21032	0.21836
2.00	0.03111	0.06100	0.08867	0.11342	0.13496	0.15326	0.16856	0.18119	0.19152	0.19994	0.21235	0.22058
2.50	0.03128	0.06155	0.08948	0.11450	0.13628	0.15483	0.17036	0.18321	0.19375	0.20236	0.21512	0.22364
3.00	0.03150	0.06178	0.08982	0.11495	0.13684	0.15550	0.17130	0.18407	0.19470	0.20341	0.21633	0.22499
4.00	0.03158	0.06194	0.09007	0.11527	0.13724	0.15598	0.17168	0.18469	0.19540	0.20417	0.21722	0.22600
5.00	0.03160	0.06199	0.09014	0.11537	0.13737	0.15612	0.17185	0.18488	0.19561	0.20440	0.21749	0.22632
6.00	0.03161	0.06201	0.09017	0.11541	0.13741	0.15617	0.17191	0.18496	0.19569	0.20449	0.21760	0.22644
8.00	0.03162	0.06202	0.09018	0.11543	0.13744	0.15621	0.17195	0.18500	0.19574	0.20455	0.21767	0.22652
10.00	0.03612	0.06202	0.09019	0.11544	0.13745	0.15622	0.17196	0.18502	0.19576	0.20457	0.21769	0.22654
∞	0.03162	0.06262	0.09019	0.11544	0.13745	0.15623	0.17197	0.18502	0.19577	0.20458	0.21770	0.22656

m	n											
	1.60	1.80	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	10.00	∞	
0.1	0.03058	0.03090	0.03111	0.03138	0.03150	0.03158	0.03160	0.03161	0.03162	0.03162	0.03162	0.03162
0.2	0.05994	0.06058	0.06100	0.06155	0.06178	0.06194	0.61990	0.06201	0.06202	0.06202	0.06202	0.06202
0.3	0.08709	0.08804	0.08867	0.08948	0.08982	0.09007	0.90140	0.09017	0.09902	0.09019	0.09019	0.09019
0.4	0.11135	0.11260	0.11134	0.11450	0.11495	0.11527	0.11537	0.11541	0.11543	0.11544	0.11544	0.11544
0.5	0.13241	0.13395	0.13496	0.13628	0.13684	0.13724	0.13737	0.13741	0.13744	0.13745	0.13745	0.13745
0.6	0.15028	0.15207	0.15236	0.15483	0.15550	0.15598	0.15612	0.15617	0.15621	0.15622	0.15623	0.15623
0.7	0.16515	0.16720	0.16856	0.17036	0.17113	0.17168	0.17185	0.17191	0.17195	0.17196	0.17197	0.17197
0.8	0.17739	0.17967	0.18119	0.18321	0.18407	0.18469	0.18488	0.18496	0.18500	0.18502	0.18502	0.18502
0.9	0.18737	0.18986	0.19152	0.19375	0.19470	0.19540	0.19561	0.19569	0.19574	0.19576	0.19577	0.19577
1	0.19546	0.19814	0.19994	0.20236	0.20341	0.20417	0.20440	0.20449	0.20455	0.20457	0.20458	0.20458
1.2	0.20731	0.21032	0.21235	0.21512	0.21633	0.21722	0.21749	0.21760	0.21767	0.21769	0.21770	0.21770
1.4	0.21510	0.21836	0.22058	0.22364	0.22499	0.22600	0.22632	0.22644	0.22652	0.22654	0.22656	0.22656
1.6	0.22025	0.22372	0.22610	0.22940	0.23088	0.23200	0.23236	0.23249	0.23258	0.23261	0.23263	0.23263
1.8	0.22372	0.22736	0.22986	0.23334	0.23495	0.23617	0.23656	0.23671	0.23681	0.23684	0.23686	0.23686
2	0.22610	0.22986	0.23247	0.23614	0.23782	0.23912	0.23954	0.23970	0.23981	0.23985	0.23987	0.23987
2.5	0.22940	0.23340	0.23614	0.24010	0.24196	0.24344	0.24392	0.24412	0.24425	0.24429	0.24432	0.24432
3	0.23088	0.23495	0.23782	0.24196	0.24394	0.24554	0.24608	0.24630	0.24646	0.24650	0.24654	0.24654
4	0.23200	0.23617	0.23912	0.24344	0.24554	0.24729	0.24791	0.24817	0.24836	0.24842	0.24846	0.24846
5	0.23236	0.23656	0.23954	0.24392	0.24608	0.24791	0.24857	0.24885	0.24907	0.24914	0.24919	0.24919
6	0.23249	0.23671	0.23970	0.24412	0.24630	0.24817	0.24885	0.24916	0.24939	0.24946	0.24952	0.24952
8	0.23258	0.23681	0.23981	0.24425	0.24546	0.24836	0.24907	0.24939	0.24964	0.24973	0.24800	0.24800
10	0.23261	0.23684	0.23985	0.24429	0.24650	0.24842	0.24914	0.24946	0.24973	0.24981	0.24989	0.24989
∞	0.23263	0.23686	0.23987	0.24432	0.24654	0.24846	0.24919	0.24952	0.24980	0.24989	0.25000	0.25000

Fuente: BRAJA M. Das, Principio de Ingeniería de Cimentaciones

d. Asentamiento Elástico Basado en la Teoría de la Elasticidad

El documento de distribución de presiones en el subsuelo, versión online del portal **Scribd**⁸⁶, nos señala que:

d.1. Asentamiento neto inmediato (S_i)

Ocurre durante la aplicación de la carga como resultado de la deformación elástica del suelo sin cambio alguno del contenido de humedad. El asentamiento elástico en el centro de un área de carga flexible, se calcula con la siguiente expresión:

$$S_i = \frac{q_n x B}{E_s} (1 - \mu^2) I_f \dots\dots\dots (70)$$

$$I_f = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + m_1}{\sqrt{1 + m_1^2} - m_1} \right) + m_1 \ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + 1}{\sqrt{1 + m_1^2} - 1} \right) \right] \dots\dots\dots (71)$$

Donde:

m_1 : L / B

B : Ancho de la cimentación (cm)

L : Longitud de la cimentación (cm)

μ : Módulo de Poisson

q_n : Presión neta de la cimentación (Kg/cm²)

E_s : Módulo de elasticidad del suelo (Kg/cm²)

I_f : Factor de Influencia

⁸⁶ Sitio web: <http://es.scribd.com/doc/56472455/DISTRIBUCION-DE-PRESIONES-EN-EL-SUBSUELO>, visita: 25 de junio 2015.

Tabla N° 19. Módulo de Poisson

MÓDULO DE POISSON (μ)	
Tipo de suelo	μ
Arcilla saturada	0.4-0.05
Arcilla no saturada	0.1-0.3
Arcilla arenosa	0.2-0.3
Limo	0.3-0.35
Arena Densa Gruesa (e = 0.4-0.7)	0.15
Arena Densa Fina(e = 0.4-0.7)	0.25

Fuente: Bowles, 1977

Tabla N° 20. Módulo de Elasticidad (E_s), (Bowles, 1977)

TIPO DE SUELO		E_s (kg/cm²)
Arcilla	Muy blanda	30-300
	Blanda	200-900
	Medianamente densa	700-2000
	Densa	3000-4250
Arcilla arenosa		1000-16000
Suelos glaciares		1500-6000
Loes		500-2000
Arena	Limosa	1000-2500
	Suelta	5000-10000
	Densa	8000-20000
Grava arenosa	Densa	14000-140000
	Suelta	5000-14000
Arcilla esquistosa		200-2000
Limos		

Fuente: Bowles, 1977

d.2. Asentamiento elástico de cimentaciones sobre arcillas saturadas

El asentamiento elástico sobre arcillas se determina mediante la siguiente expresión:

$$S_e = A_1 A_2 \frac{q_0 B}{E_s} \dots\dots\dots (72)$$

Donde:

A_1 : Es una función de H/B y L/B

A_2 : Es una función de D_f/B

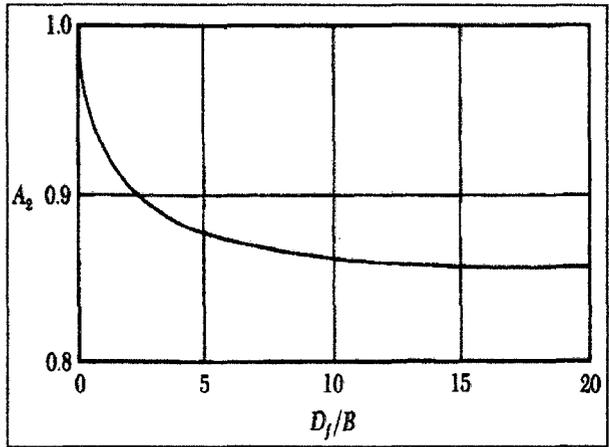


Figura N° 41. Valor de A_2 para el cálculo del asentamiento elástico, (Fuente: Christian y Carrier, 1978)

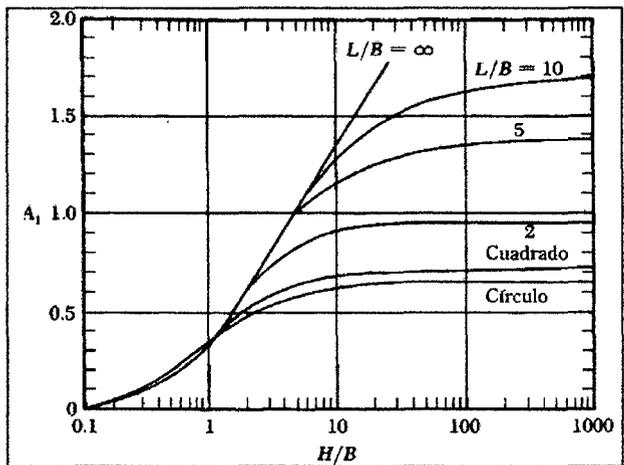


Figura N° 42. Valor de A_1 para el cálculo del asentamiento elástico, (Fuente: Christian y Carrier, 1978)

1.5.2.17 Regresión Múltiple

La tesis de regresión múltiple, versión online de la Universidad de Sonora⁸⁷ nos indica que: cuando se requiere utilizar más de una variable independiente para calcular la variable dependiente y tener una mejor exactitud de la estimación, es recomendable utilizar la técnica de regresión múltiple. En donde, regresión múltiple se define como el procedimiento estadístico en virtud del cual algunas variables se usan para predecir a otra variable.

El objetivo del análisis de regresión múltiple consiste en dar a conocer aquellas variables que son de utilidad en la predicción del valor de una variable dependiente. Cuando existe una variable que no resulta de ayuda en la predicción del análisis, esta variable puede ser eliminada del modelo de regresión múltiple y así resultaría un modelo más fácil de utilizar.

La principal ventaja del análisis, es que permite utilizar una parte mayor de la información de que disponemos para estimar la variable dependiente. La regresión múltiple y el análisis de correlación son un proceso de tres pasos:

- Definir la ecuación de regresión múltiple.
- Examinar el error estándar de estimación.
- Aplicar el análisis de correlación múltiple para ver qué tan eficaz es la ecuación de regresión con los datos observados.

Al aplicar estos tres pasos nos daremos cuenta si el modelo es adecuado y podemos empezar a predecir los valores de la variable dependiente (Y). Para dichas predicciones se utiliza la ecuación de regresión.

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 \dots\dots\dots (73)$$

⁸⁷ Sitio web: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9120/capitulo1.pdf>, visita: 25 de junio 2015.

Donde:

α : Constante

x_1 : Valor de cohesión

x_2 : Valor de ángulos de fricción

y : Valor de capacidad portante

1.5.2.17.1. Error Estándar de Estimación

Cuando se determina la relación de las variables se necesita alguna medida de dispersión alrededor del plano de regresión múltiple. Al igual que en la regresión lineal, en el análisis de regresión múltiple la estimación es más precisa a medida que disminuye el grado de dispersión alrededor de la regresión.

1.5.2.17.2. Análisis de Correlación

El análisis de correlación es la herramienta estadística de que nos valemos para describir el grado de relación que hay entre las variables.

Su interpretación está dada por el rango de valores determinado de a 0 a 1; donde:

$$0 \leq R^2 \leq 1 \dots\dots\dots (74)$$

El esquema se representa como sigue.

0.00	Ninguna correlación
0.25	Correlación débil
0.50	Correlación Moderada
0.75	Correlación Intensa
1.00	Correlación Perfecta

Según algunos estadísticos existen 2 medidas para describir la correlación entre las variables: El coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación.

1.5.2.17.3. Coeficiente de Determinación

El coeficiente de determinación es la manera primaria de medir el grado o fuerza de la relación que existe entre las variables. El coeficiente de determinación se encuentra entre los extremos de 0 y 1. Pero sin olvidar que un r^2 cercano a 1.00 indica una fuerte correlación entre las variables, mientras que un r^2 cercano a 0.00 significa que las variables tienen poca correlación.

1.5.2.17.4. Coeficiente de Correlación

El coeficiente de correlación es la segunda medida con que puede describirse la eficacia con que una variable es explicada por otra. Se usa con el fin de conocer que tan eficaz es el modelo usado para representar a sus datos, se puede calcular el coeficiente e interpretarse sus resultados de manera similar al del análisis de regresión lineal.

Este se define como la fracción de la variación de la variable dependiente que se explica por la regresión. Este coeficiente mide el grado en que la regresión múltiple se ajusta a los datos, se denota con letra "r" y es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación.

1.5.2.17.5. Intervalo de Confianza

El intervalo de confianza usado con más frecuencia es el de 95 %, el cual indica que solo tenemos un 5% en dicho intervalo. Entre más grande sea el intervalo de confianza, el error será más pequeño, lo que indica que debemos tener más precisión en nuestros resultados.

2.5.3 Marco Conceptual

Para obtener una interpretación uniforme presento un vocabulario en el que figuran términos que pueden tener varias acepciones en el lenguaje común, con el fin de que sean entendidos de acuerdo con la definición que se expone.

Capacidad Portante.- Es la capacidad del terreno reducida por efecto de la sobrecarga, el peso del suelo y el peso de la zapata.

Suelo.- Es el producto del desgaste o desintegración de las rocas de la corteza terrestre, debido a los agentes atmosféricos y a los diferentes procesos físico-químicos en la naturaleza.

Suelos Colapsables.- Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Suelos Expansivos.- Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Cimentación.- Es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas actuantes sobre la totalidad de la construcción al terreno.

Cimentación Continua.- Cimentación superficial en la que el largo (L) es igual o mayor que diez veces el ancho (B).

Cimentación Superficial.- Aquella en la cual la relación profundidad/ancho (D_f/B) es menor o igual a 5, siendo D_f la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma.

Estrato Típico.- Estrato de suelo con características tales que puede ser representativo de otros iguales o similares en un terreno dado.

Estudio de Mecánica de Suelos.- Conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación.

Nivel Freático.- Nivel superior del agua subterráneo en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia.

Presión Admisible.- Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos excesivos (mayores que el admisible) ni el factor de seguridad frente a una falla por corte sea menor que el valor indicado.

Profundidad Activa.- Zona del suelo ubicada entre el nivel de cimentación y la isóbara (línea de igual presión) correspondiente al 10% de la presión aplicada a la cimentación.

Profundidad de Cimentación.- Profundidad a la que se encuentra el plano o desplante de la cimentación de una estructura. Plano a través del cual se aplica la carga, referido al nivel del terreno de la obra terminada.

Asentamiento Elástico o Inmediato.- Ocurre durante la aplicación de la carga como resultado de la deformación elástica del suelo sin cambio alguno en el contenido de agua.

Asentamiento por Consolidación.- Ocurre como resultado de la reducción del volumen del suelo causada por la extracción de una parte del agua de los poros del suelo.

Muestreo.- Técnica para la selección de una muestra a partir de una población.

Muestreo Aleatorio Estratificado.- Consiste en la división previa de la población de estudio en grupos o clases que se suponen homogéneos respecto a características a estudiar.

2.5.4 Marco Histórico

El distrito de Tarapoto, fue fundado el 20 de Agosto de 1782 por el Obispo Trujillano, don Baltazar Jaime Martínez de Compagnón y Bujanda. Esta ciudad se asentó sobre una ocupación nativa anterior, conformada por diversas etnias: Los Suchiches alrededor del actual Parque Leveau (Laguna Suchiche), los Cumbazas en las orillas de la quebrada Choclino (Banda de Shilcayo) y Amorarca (Morales).

En 1850, a inicios del boom del caucho, se estima una población de 3500 habitantes. En 1953 se eleva al rango de Villa, en 1965 es elevada a capital de la Provincia de Huallaga del Departamento de Loreto, en 1868 es elevado al rango de ciudad.

Según el primer censo nacional de 1876, tiene una población de 5334 habitantes; en 1940 la población de Tarapoto crece a 8693 iniciándose así el gran intercambio cultural comercial con la costa llevando: café, tabaco y algodón. Es allí donde la ciudad inicia su expansión hacia los distritos de Morales y la Banda de Shilcayo. Para 1961, la población se había incrementado en 13907 habitantes de Tarapoto; y en 1981, la población de Tarapoto avanza a los 44986 habitantes. Desde mediados de la década del 80, el impulso económico que tenía fue frenado por la presencia del terrorismo, el departamento de San Martín fue declarado en emergencia, quedando a cargo un comando político militar. La violencia e inseguridad retrajo las inversiones en la ciudad, iniciándose un fuerte proceso migratorio, atrayendo a población de áreas rurales, y expulsando poblaciones hacia zonas más seguras, trayendo como consecuencia el decaimiento de la actividad comercial, por razones de seguridad.

El proceso de pacificación iniciado en los años 90, permitió el resurgimiento de todos los centros poblados de la región; siendo el distrito de Tarapoto en la

actualidad el centro del comercio de la región San Martín, contando con una población de 68295 habitantes según Censo del 2007.

Y es debido al proceso de pacificación que en la actualidad el desarrollo económico por el cual la región viene atravesando, trae como consecuencia un incremento en la tasa migratoria, de 36289 según Censo 2007, población que se da en aumento sobretodo en el distrito de Tarapoto lo cual ha originado que los pobladores busquen donde asentarse y construir sus viviendas.

Viviendas que muchas veces son construidas de una forma no adecuada, esto debido al desconocimiento de los daños que se pueden sufrir al asentar su vivienda en un terreno sin previo estudio, daños como: fisuras, agrietamientos, asentamientos y hasta el colapso total de la misma. De esta manera es importante realizar estudios básicos, como el de mecánica de suelos, para así conocer el tipo y capacidad de soporte del terreno, que va servir como suelo de fundación a la vivienda.

Es por eso que nace la importancia de hacer un estudio basado en los suelos de este sector, para así contribuir con la información necesaria de las características, propiedades, capacidad de carga del suelo, que permitan la construcción de viviendas más seguras, finalidad con la que se desarrolla el presente trabajo de investigación.

2.6 Hipótesis a Demostrar

Efectuando un minucioso muestreo y un adecuado estudio de mecánica de suelos se podrá determinar los valores de la capacidad portante de los suelos del sector Coperholta, del distrito de Tarapoto, provincia de San Martín, Región San y así con el conocimiento de esos valores proponer cimentaciones adecuadas para la construcción de viviendas más seguras.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Recursos Humanos

- 01 Tesista.
- 01 Asesor de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM-T.
- 02 Técnicos del laboratorio de Mecánica de Suelos (FICA-UNSM).
- 08 peones (excavación, muestreo, cierre de calicatas).

3.1.2 Recursos Materiales

- Plano de Ubicación del área de estudio.
- Plano Topográfico a curvas de nivel.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.050 (Suelos y Cimentaciones), Norma E.030 (Diseño Sismorresistente).
- Materiales para la obtención de muestras (cajas de madera, bolsas de plástico, costales, parafina, cintas de embalaje, cinta de señalización, cuaderno de apuntes, wincha).
- Materiales para los ensayos de laboratorio.
- Materiales de impresión (papel bond A4, tinta para impresora).
- Libros y artículos científicos de consulta.
- Materiales de almacenamiento de datos (CD, USB).

3.1.3 Recursos de Equipos

- Equipos para la obtención de muestras (palanas, excavadora, zapapicos).
- Cámara digital.
- GPS.
- Equipos para los ensayos de laboratorio.
- Laptop Toshiba.
- Impresora.
- Plotter.

3.1.4 Otros Recursos

- Software Microsoft Word versión 2007.
- Software Microsoft Excel versión 2007.
- Software Microsoft Power Point versión 2007.
- Software Autocad version 2012.
- Navegador de Internet (Google Chrome).
- Movilidad hacia la zona de estudio.

3.2 Metodología

3.2.1 Universo y Muestra

a. Universo o Población

El universo está conformado por los suelos del sector Coperholta, del Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

b. Muestra

La muestra corresponde a los suelos de los subsectores “Los Indanos”, “La Colina” y “Las Lomas de San Pedro” del sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

3.2.2 Sistema de Variables

a. Variable Independiente

Factores físicos y mecánicos obtenidos de los ensayos realizados a las muestras estudiadas.

b. Variable Dependiente

Valores de la Capacidad portante del suelo del sector Coperholta, del Distrito de Tarapoto.

c. Variable Interviniente

Factores de afectación al cálculo de la capacidad portante.

3.2.3 Diseño de la Investigación

a. Tipo y nivel de investigación

La investigación a realizar es de tipo Descriptivo-Aplicada.

b. Diseño de investigación

El diseño de investigación es No Experimental-Transversal.

3.2.4 Diseño de Instrumentos

a. Fuentes

- Para la investigación documental se utilizó: textos, libros y revistas de la Biblioteca Especializada de la FICA y Biblioteca Central de la UNSM, libros y revistas especializadas particulares, proyecto de tesis e informes de ingeniería relacionados al tema y también se hará uso de la biblioteca virtual (INTERNET), normatividad y Reglamentos.
- INGEMMET.
- Municipalidad Provincial de San Martín.
- Laboratorios de Mecánica de Suelos de la FICA-UNSM.
- INDECI.
- INEI
- SENAMHI
- IGP

b. Técnicas

- Se utilizó las técnicas de observación, para la exploración del terreno.
- Técnica de muestreo aleatorio estratificado para la ubicación de las calicatas en el área de estudio.
- Investigación de datos geológicos.
- Plano topográfico a curvas de nivel.
- Realización de calicatas (exploración de suelos).
- Ensayos de laboratorio.
- Análisis de datos, para el cálculo de la capacidad portante.

c. Instrumentos

- Se utilizó todos los instrumentos de campo necesarios para la obtención de la muestras.
- Se utilizó todos los instrumentos que provea el Laboratorio de la FICA-UNSM.
- Se utilizó diversos software para procesar la información y obtener los resultados finales.

3.2.5 Procesamiento de la Información

3.2.5.1 Recopilación de la Información

En esta etapa se realizó la búsqueda de la bibliografía, informes e información disponible del lugar del estudio (planos), que sirvieron de base para la orientación, planificación y ejecución del trabajo en campo. Realizando la delimitación del área de estudio en el plano, delimitación que luego fue corroborada en el reconocimiento de campo.

3.2.5.2 Reconocimiento de Campo

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas del terreno de fundación, se llevó a cabo los trabajos de campo, que fueron realizados por el Tesista responsable del proyecto y el personal técnico de la UNSM, identificando los lugares y zonas, en las cuales se deberían realizar las excavaciones, usando el método de muestreo aleatorio estratificado, tomando en cuenta la topografía del lugar, con la finalidad de determinar la ubicación de los puntos de estudio, llegando a la conclusión luego de haber visitado el área de estudio delimitado, realizar 15 calicatas o pozos a cielo abierto distribuidos convenientemente dentro del área de estudio del Sector Coperholta (**Ver Plano UC-01 del Anexo N°04**).

3.2.5.3 Trabajo de Campo

Después de haber realizado las exploraciones de campo y ubicado el lugar de las calicatas, se procedió a realizar las excavaciones de las mismas. Luego de hacer las excavaciones se procedió a sacar las muestras alteradas e inalteradas correspondientes, para llevar a cabo los ensayos de laboratorio, no obstante, se tuvo al alcance un cuaderno de notas, en donde se detalló todas las

particularidades en que se encontró el suelo, color, profundidad, presencia de nivel freático, etc.

3.2.5.3.1 Profundidad de Exploración

De acuerdo a la teoría de BOUSSINESQ, a una profundidad de 1.50 la dimensión más pequeña de la superficie de carga (1.5 B), las presiones que se generan son del orden de la 1/10 parte de la presión generada en la superficie.

En consecuencia teóricamente el terreno debe investigarse hasta esa profundidad, sin embargo, cuando el terreno es de buena calidad o roca, la profundidad es menor. Es por eso en el presente trabajo, que a la profundidad de 3.00 m, la carga se disipa en un orden menor al 10%.

De lo anterior para que se cumpla con estas condiciones, se tiene en la ecuación (68).

- Tensión vertical σ_z bajo el centro "A" de una zapata a la profundidad "Z".

$$\sigma_z = qx4I$$

Se determinará las relaciones: $m = \frac{b}{z}$ y $n = \frac{a}{z}$

Donde:

σ_z : Tensión Vertical (kg/cm²)

q : Presión total de la cimentación (kg/cm²)

I : Factor de influencia, f (m, n)

L : Longitud de la cimentación (m)

B : Ancho de la cimentación (m)

Z : Profundidad de Exploración (m)

a : L/2

b : B/2

3.2.5.3.2 Excavación de Calicatas o Pozos de Exploración

Con la finalidad de determinar las propiedades, el perfil estratigráfico, el nivel de agua freáticas, la capacidad de carga admisible por zonas de acuerdo a las características de los suelos, se han realizado 15 calicatas o pozos a cielo abierto, distribuidos convenientemente en el área de estudio, específicamente 05 en el subsector "Los Indanos", 05 en el subsector "La Colina" y 05 en el subsector "Las Lomas de San Pedro" del sector Coperholta.

Muestreo Disturbado o Alterado

Se han recuperado muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados durante las excavaciones, en cantidad suficiente o representativa, para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

Muestreo Inalterado

Se han recuperado muestras inalteradas de las calicatas a una profundidad promedio de 3 metros y acondicionadas para el traslado al laboratorio.

Registro de Excavaciones

Paralelamente se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como la altura de la extracción de las muestras, presencia de nivel de agua freáticas, color, forma, textura, etc.

3.2.5.4 Espaciamiento y Características de las Calicatas

El espaciamiento de las calicatas y las características de cada una de ellas varían de acuerdo a la topografía, geología y ubicación de los puntos en donde se van a realizar las excavaciones, preferentemente en las zonas más pobladas o donde se puede extender urbanamente.

Las calicatas fueron realizadas según la Norma Técnica ASTM D 420, las cuales son aplicables a todos los Estudios de Mecánica de Suelos (EMS).

El Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E 050), nos dice que se deben realizar excavaciones de tres calicatas por cada hectárea, asimismo otros especialistas del tema recomiendan que para obtener resultados más reales es necesario que las distancias entre las calicatas deben ser más cortas, lo que traería como consecuencia costos económicos muy elevados. Es por eso que para determinar el espaciamiento y la ubicación de las calicatas, se tuvo en consideración el método estadístico de *muestreo aleatorio estratificado*, el cual consiste en dividir la población en zonas o estratos según las características topográficas, geográficas y geológicas, dicha distribución de las muestras en función de los distintos estratos se denomina afijación, la cual en este tipo es simple ya que a cada estrato le corresponde el mismo número de elementos de muestra (05 calicatas por subsector).

Por ser el estudio realizado para el cálculo de la Capacidad Portante del Suelo en el presente proyecto de tesis se ha realizado las excavaciones de 15 calicatas o pozos a cielo abierto a una profundidad no menor de 3.00 metros.

Las técnicas de muestreos se han realizado según la Norma ASTM D 420. Las muestras llevadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de San Martín, fueron las más representativas y en las cantidades reglamentarias para cada tipo de material, escogidos luego del cuarteo respectivo.

Para el transporte de las muestras extraídas, se han utilizado bolsas plásticas y cubos de madera, a los cuales para su identificación, se les colocó etiquetas con los siguientes datos:

- Número de calicata.
- Número de estrato.
- Tipo de muestra.
- Profundidad de la muestra.

En el presente estudio se realizaron 15 calicatas, las cuales en su totalidad fueron realizadas por el Tesisista responsable del proyecto. **(Ver Plano UC-01 del Anexo N°04).**

3.2.5.5 Ensayos de Laboratorio

Para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o de muestreo de la fase de investigación de campo, se determinaron sus propiedades físicas y mecánicas mediante la ejecución de los ensayos estándar y especiales que se indican a continuación:

A. ENSAYOS ESTANDAR	NORMA USADA
A.1. Contenido de Humedad Natural	ASTM D2216
A.2. Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422
A.3. Limite Líquido y Limite Plástico	ASTM D4318
A.4. Clasificación Unificada de Suelos	ASTM D2487
B. ENSAYOS ESPECIALES	NORMA USADA
B.1. Corte Directo	ASTM D3080

Los ensayos estándar y especiales de laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas e inalteradas recopiladas en las calicatas, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de San Martín y en el de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de San Martín.

Los datos recopilados de los ensayos de laboratorios estándar y especiales se detallan en los anexos. **(Anexo N°01).**

3.2.5.6 Clasificación de Suelos para el Área de Estudio

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de Laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) y AASHTO para luego correlacionarlos de acuerdo a las características litológicas similares y consignarlos en registro de excavación que se adjunta. **(Anexo N°01).**

3.2.5.7 Análisis de Cimentación

3.2.5.7.1 Profundidad de Cimentación

Según la estratigrafía del terreno de fundación y las características físico – mecánicas de los suelos encontrados en la zona investigada, recomienda la profundidad de desplante de la siguiente manera:

A.1. Para estructuras “No Portantes”, la profundidad de cimentación no deberá ser menor de 0.80 m, según la Norma E.050, Suelos y Cimentaciones – Cap. IV Cimentaciones Superficiales.

A.2. La presión admisible del terreno aumenta a mayor profundidad de desplante. En este caso además del factor resistencia se requiere una profundidad de desplante que garantice seguridad contra los cambios de humedad del terreno, asentamientos, etc., por lo que se recomienda asumir una profundidad de desplante de 1.50 m como mínimo.

3.2.5.7.2 Tipo de Cimentación

La cimentación será del Tipo Superficial, tales como:

B.1. Cimientos Corridos, Zapatas aisladas de concreto armado (cimentaciones cuadradas).

3.2.5.8 Capacidad de Carga Admisible

3.2.5.8.1 Capacidad de Carga Admisible por Falla al Corte

La naturaleza de fallas en los suelos por capacidad de carga es: falla general por corte, falla local por corte y falla de corte por punzonamiento.

Debido a la naturaleza donde irá apoyada la estructura; se ha utilizado para el cálculo de la capacidad admisible del terreno, las expresiones de Terzaghi para el caso de falla local de cimentaciones cuadradas sin presencia de nivel freático.

De la ecuación (38), para el caso de falla local de una cimentación cuadrada, la capacidad portante por corte será:

$$q_U = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma$$

Donde:

c : Cohesión del suelo

γ : Peso específico del suelo

q : γD_f

N'_c, N'_q, N'_γ : Factores de capacidad de carga modificada. Estos se calculan usando las ecuaciones para el factor de capacidad de carga (para N_c, N_q, N_γ), reemplazando ϕ por $\phi' = \text{tg}^{-1}\left(\frac{2}{3}\text{tg}\phi\right)$. La variación de N'_c, N'_q, N'_γ , con ϕ se presentan en la tabla N° 16.

Capacidad de Carga Admisibile

El cálculo de la capacidad de carga bruta admisible de cimentaciones superficiales requiere de aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta. De la ecuación (42), se tiene:

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

En este caso se va aplicar un factor de seguridad (FS=3.00), de acuerdo a la Norma E.050, Suelos y Cimentaciones.

3.2.5.8.2 Capacidad de Carga Admisibile por Asentamiento

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados asentamientos totales y asentamientos diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada (1"), que es el asentamiento máximo permisible para estructuras de tipo convencional.

El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad, considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme.

De la ecuación (70) y (71), el asentamiento elástico será:

$$S_i = \frac{q_n x B}{E_s} (1 - \mu^2) I_f$$

$$I_f = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + m_1}{\sqrt{1 + m_1^2} - m_1} \right) + m \ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + 1}{\sqrt{1 + m_1^2} - 1} \right) \right]$$

Donde:

m_1 : L / B

B : Ancho de la cimentación (cm)

L : Longitud de la cimentación (cm)

μ : Módulo de Poisson

q_n : Presión neta de la cimentación (Kg/cm²)

E_s : Módulo de elasticidad del suelo (Kg/cm²)

I_f : Factor de influencia

3.2.5.9 Regresión Múltiple

Se ordenaron 15 filas y 03 columnas con los datos de capacidad portante, ángulos de fricción y cohesión. Para luego realizar la regresión múltiple con el programa Microsoft Excel 2010, en la herramienta de Análisis de datos; adicionando los datos, en la ecuación (73) como sigue:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

Donde:

a : Constante

x_1 : Valor de cohesión

x_2 : Valor de ángulos de fricción

y : Valor de capacidad portante

Se procesó los valores antes mencionados de las 15 calicatas, para luego encontrar las variables a , b_1 , b_2 y de esta manera generar la ecuación de regresión múltiple, mediante la cual se pueda obtener valores de capacidad portante (y), para cualquier valor de cohesión y ángulo de fricción. Asimismo se tuvo en cuenta la verificación del coeficiente de determinación r^2 , el cual tuvo un valor mayor a 0.95, respectivamente.

3.2.6 Procesamiento de Datos

3.2.6.1 Determinación de la Profundidad de Exploración

Se realiza un análisis aplicando la teoría de Boussinesq para determinar la adecuada profundidad a la que se debe explorar el subsuelo. De acuerdo a esto tenemos:

Profundidad de Exploración

a. Tensión Vertical (σ_z) bajo el centro "A", a la profundidad "Z"

De acuerdo a las características estructurales y las características del suelo, tomamos un predimensionamiento para la cimentación. De la ecuación (68), se tiene:

$$\sigma_z = qx4I$$

Se determinaran las relaciones:

$$m = \frac{b}{z} \quad n = \frac{a}{z}$$

Donde:

- σ_z : Tensión vertical
 q : Presión total de la cimentación
 I : Índice de influencia, $f(m,n)$
 L : Longitud de la cimentación
 B : Ancho de la cimentación
 Z : Profundidad de exploración
 a : $L/2$
 b : $B/2$

Datos

- | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|-------|---|-------------------------|
| - | Longitud de la cimentación | : | L | = | 1.00 m |
| - | Ancho de la cimentación | : | B | = | 1.00 m |
| - | Profundidad de la cimentación | : | D_f | = | 1.50 m |
| - | Profundidad de exploración | : | Z_1 | = | 3.00 m |
| | | | Z_2 | = | 3.50 m |
| - | Presión total de la cimentación | : | q | = | 1.21 kg/cm ² |

Cálculo de "a" y "b"

Reemplazando "L" y "B" en:

$$2a = 1.00$$

$$a = 0.50 \text{ m}$$

$$2b = 1.00$$

$$b = 0.50 \text{ m}$$

Para una profundidad $Z_1=3.00$ m

Reemplazando "a", "b" y "Z" en:

$$m = 0.5/3$$

$$m = 0.17$$

$$n = 0.5/3$$

$$n = 0.17$$

Para una profundidad $Z_2=3.50$ m

Reemplazando "a", "b" y "Z" en:

$$m = 0.5/3.5$$

$$m = 0.14$$

$$n = 0.5/3.5$$

$$n = 0.14$$

De los cálculos anteriores se tiene:

- Índice de Influencia ($Z_1=3.00$ m) : $I = 0.01790$
(Tabla N° 18)
- Índice de Influencia ($Z_2=3.50$ m) : $I = 0.00470$
(Tabla N° 18)
- Presión total de la cimentación : $q = 1.21 \text{ kg/cm}^2$

Para $Z_1=3.00$ m

Reemplazando en la ecuación (68):

$$\sigma_z = 1.21 \cdot 4 \cdot 0.0179$$

$$\sigma_z = 0.09 \text{ kg/cm}^2$$

$\sigma_z = 0.09 \text{ kg/cm}^2 \rightleftharpoons 7.16\%$

Esta tensión vertical bajo el centro A, corresponde al 7.16% de la presión total de la cimentación

Para $Z_1=3.50$ m

Reemplazando en la ecuación (68):

$$\sigma_z = 1.21 \cdot 4 \cdot 0.0047$$

$$\sigma_z = 0.02 \text{ kg/cm}^2$$

$\sigma_z = 0.02 \text{ kg/cm}^2 \iff 1.88\%$

Esta tensión vertical bajo el centro A, corresponde al 1.88% de la presión total de la cimentación

Tenemos que la profundidad de exploración se realizará hasta una profundidad de 3.00 m; en donde la carga se disipa en un orden menor al 10%.

Según el reglamento nacional de edificaciones, la norma E 050 tenemos que la profundidad de exploración es:

Edificio sin sótano, (Donde $Z=1.50B$)

$$p = D_f + Z$$

$$p = D_f + 1.50B$$

Reemplazando " D_f ", " B "

$$p = 1.5 + 1.5 \cdot 1$$

$$p = 3.00 \text{ m}$$

$p = 3.00 \text{ m}$

3.2.6.2 Determinación de la Capacidad de Carga Admisibles por Falla al Corte

Para Calicatas (sin nivel freático)

La capacidad última y capacidad admisible de carga de las 15 calicatas, serán determinadas aplicando la teoría de Karl Terzaghi, utilizando las siguientes expresiones:

CASO DE FALLA LOCAL

a. Para cimentación cuadrada

De la ecuación (37) y (42), se tiene:

$$q_U = 0.867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma$$

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

Donde:

q_u : Capacidad de carga última

q_{adm} : Capacidad de carga admisible

FS : Factor de seguridad

B : Ancho de la cimentación

c : Cohesión del suelo

γ : Peso específico del suelo

q : γD_f

N'_c, N'_q, N'_γ : Factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo ϕ de fricción del suelo.

Cálculos Justificatorios

Los cálculos de la capacidad portante se han efectuado de acuerdo a las fórmulas planteadas anteriormente.

Calicata C-01

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	22.00
-	Cohesión	:	c	=	0.13 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00182 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	d	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D _f	=	1.50 m
-	Factores de carga	:	N' _c	=	12.92
	(Ver Tabla N°16)	:	N' _q	=	4.48
		:	N' _γ	=	1.55
-	Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
-	Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 * 0.13 * 12.92 + 0.00182 * 1.5 * 100 * 4.48 + 0.4 * 0.00182 * 1 * 100 * 1.55$$

$$q_u = 2.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.79 / 3$$

$q_{adm} = 0.93 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-02

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	18.00
-	Cohesión	:	c	=	0.17 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00202 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	d	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D _f	=	1.50 m
-	Factores de carga	:	N' _c	=	10.90
	(Ver Tabla N° 16)	:	N' _q	=	3.36
		:	N' _γ	=	0.88
-	Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m

- Factor de seguridad : FS = 3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 * 0.17 * 10.9 + 0.00202 * 1.5 * 100 * 3.36 + 0.4 * 0.00202 * 1 * 100 * 0.88$$

$$q_u = 2.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.70 / 3$$

$q_{adm} = 0.90 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-03

- Ángulo de fricción interna : $\phi = 24.00$

- Cohesión : $c = 0.11 \text{ kg/cm}^2$

- Peso específico del suelo : $\gamma = 0.00171 \text{ kg/cm}^3$

- Nivel Freático : $D_1 = \text{NP}$

- Profundidad de la cimentación : $D_f = 1.50 \text{ m}$

- Factores de carga : $N'_c = 14.14$
(Ver Tabla N° 1.16) : $N'_q = 5.20$

: $N'_\gamma = 1.97$

- Ancho de la cimentación : $B = 1.00 \text{ m}$

- Factor de seguridad : FS = 3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 * 0.11 * 14.14 + 0.00171 * 1.5 * 100 * 5.20 + 0.4 * 0.00171 * 1 * 100 * 1.97$$

$$q_u = 2.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.82 / 3$$

$$q_{adm} = 0.94 \text{ kg/cm}^2$$

Calicata C-04

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	27.00
-	Cohesión	:	c	=	0.08 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00173 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	D_f	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
-	Factores de carga	:	N'_c	=	16.30
	(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	6.54
		:	N'_γ	=	2.88
-	Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
-	Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.08 \cdot 16.30 + 0.00173 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 6.54 + 0.4 \cdot 0.00173 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 2.88$$

$$q_u = 3.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 3.03/3$$

$$q_{adm} = 1.01 \text{ kg/cm}^2$$

Calicata C-05

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	21.00
-	Cohesión	:	c	=	0.14 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00182 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	d	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
-	Factores de carga	:	N'_c	=	12.37
	(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	4.17

	:	N'_γ	=	1.35
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.14 \cdot 12.37 + 0.00182 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 4.17 + 0.4 \cdot 0.00182 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.35$$

$$q_u = 2.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.74/3$$

$q_{adm} = 0.91 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-06

- Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	19.00
- Cohesión	:	c	=	0.15 kg/cm ²
- Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00181 kg/cm ³
- Nivel Freático	:	d	=	NP
- Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
- Factores de carga	:	N'_c	=	11.36
(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	3.61
	:	N'_γ	=	1.03
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.15 \cdot 11.36 + 0.00181 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 3.61 + 0.4 \cdot 0.00181 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.03$$

$$q_u = 2.53 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.53/3$$

$q_{adm} = 0.84 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-07

- Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	22.00
- Cohesión	:	c	=	0.15 kg/cm ²
- Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00178 kg/cm ³
- Nivel Freático	:	d	=	NP
- Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
- Factores de carga	:	N'_c	=	12.92
(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	4.48
	:	N'_γ	=	1.55
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.15 \cdot 12.92 + 0.00178 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 4.48 + 0.4 \cdot 0.00178 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.55$$

$$q_u = 2.99 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.99/3$$

$q_{adm} = 1.00 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-08

- Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	21.00
- Cohesión	:	c	=	0.13 kg/cm ²
- Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00179 kg/cm ³
- Nivel Freático	:	D_w	=	NP
- Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m

- Factores de carga	:	N'_c	=	12.37
(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	4.17
	:	N'_γ	=	1.35
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.13 \cdot 12.37 + 0.00179 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 4.17 + 0.4 \cdot 0.00179 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.35$$

$$q_u = 2.61 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.61/3$$

$q_{adm} = 0.87 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-09

- Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	25.00
- Cohesión	:	c	=	0.10 kg/cm ²
- Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00172 kg/cm ³
- Nivel Freático	:	d	=	NP
- Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
- Factores de carga	:	N'_c	=	14.80
(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	5.60
	:	N'_γ	=	2.25
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.10 \cdot 14.80 + 0.00172 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 5.60 + 0.4 \cdot 0.00172 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 2.25$$

$$q_u = 2.88 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.88/3$$

$q_{adm} = 0.96 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-10

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	23.00
-	Cohesión	:	c	=	0.12 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00183 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	D_w	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
-	Factores de carga	:	N'_c	=	13.51
	(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	4.82
		:	N'_γ	=	1.74
-	Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
-	Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.12 \cdot 13.51 + 0.00183 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 4.82 + 0.4 \cdot 0.00183 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.74$$

$$q_u = 2.86 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.86/3$$

$q_{adm} = 0.95 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-11

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	21.00
-	Cohesión	:	c	=	0.16 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00175 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	d	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
-	Factores de carga	:	N'_c	=	12.37

(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	4.17
	:	N'_γ	=	1.35
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.16 \cdot 12.37 + 0.00175 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 4.17 + 0.4 \cdot 0.00175 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.35$$

$$q_u = 2.91 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.91/3$$

$q_{adm} = 0.97 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-12

- Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	24.00
- Cohesión	:	c	=	0.12 kg/cm ²
- Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00174 kg/cm ³
- Nivel Freático	:	d	=	NP
- Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
- Factores de carga	:	N'_c	=	14.14
(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	5.20
	:	N'_γ	=	1.97
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.12 \cdot 14.14 + 0.00174 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 5.20 + 0.4 \cdot 0.00174 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.97$$

$$q_u = 2.97 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.97/3$$

$q_{adm} = 0.99 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-13

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	23.00
-	Cohesión	:	c	=	0.13 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00177 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	D _w	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D _f	=	1.50 m
-	Factores de carga	:	N' _c	=	13.51
	(Ver Tabla N° 16)	:	N' _q	=	4.82
		:	N' _{γ}	=	1.74
-	Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
-	Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.13 \cdot 13.51 + 0.00177 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 4.82 + 0.4 \cdot 0.00177 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.74$$

$$q_u = 2.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.93/3$$

$q_{adm} = 0.98 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-14

-	Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	20.00
-	Cohesión	:	c	=	0.16 kg/cm ²
-	Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00180 kg/cm ³
-	Nivel Freático	:	D _w	=	NP
-	Profundidad de la cimentación	:	D _f	=	1.50 m

- Factores de carga	:	N'_c	=	11.85
(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	3.88
	:	N'_γ	=	1.12
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.16 \cdot 11.85 + 0.00180 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 3.88 + 0.4 \cdot 0.00180 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.12$$

$$q_u = 2.77 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.77/3$$

$q_{adm} = 0.92 \text{ kg/cm}^2$

Calicata C-15

- Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	24.00
- Cohesión	:	c	=	0.14 kg/cm ²
- Peso específico del suelo	:	γ	=	0.00174 kg/cm ³
- Nivel Freático	:	D_w	=	NP
- Profundidad de la cimentación	:	D_f	=	1.50 m
- Factores de carga	:	N'_c	=	14.14
(Ver Tabla N° 16)	:	N'_q	=	5.20
	:	N'_γ	=	1.97
- Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m
- Factor de seguridad	:	FS	=	3.00

Reemplazando en la ecuación (37) y (42):

$$q_u = 0.867 \cdot 0.14 \cdot 14.14 + 0.00174 \cdot 1.5 \cdot 100 \cdot 5.2 + 0.4 \cdot 0.00174 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 1.97$$

$$q_u = 3.21 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 3.21/3$$

$$q_{adm} = 1.07 \text{ kg/cm}^2$$

3.2.6.3 Determinación de la Capacidad de Carga Admisible por Asentamiento

El asentamiento elástico de una cimentación superficial se estima usando la teoría de la elasticidad, aplicando la ley de Hooke. De esta manera el asentamiento elástico en el centro de un área de carga flexible, se calcula con la siguiente expresión:

Asentamiento Neto Inmediato (S_i)

a. Centro de la cimentación flexible

De la ecuación (70) y (71), se tiene:

$$S_i = \frac{q_n x B}{E_s} (1 - \mu^2) I_f$$

$$I_f = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + m_1}{\sqrt{1 + m_1^2} - m_1} \right) + m_1 \ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + 1}{\sqrt{1 + m_1^2} - 1} \right) \right]$$

Donde:

- B : Ancho de la cimentación
- L : Longitud de la cimentación
- μ : Módulo de Poisson
- q_n : Presión neta de la cimentación
- E_s : Módulo de elasticidad del suelo
- I_f : Factor de influencia

Cálculos Justificatorios

Los cálculos del asentamiento elástico se han efectuado de acuerdo a las fórmulas planteadas anteriormente.

Calicata C-01

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.93 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.93 * 1 * 100) / (1000)] * (10.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.09 \text{ cm}$$

$S_i = 0.09 \text{ cm}$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm)

Calicata C-02

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.90 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \left[\frac{[(1+1^2)^{1/2}+1]}{[(1+1^2)^{1/2}-1]} \right] + 1 * \ln \left[\frac{[(1+1^2)^{1/2}+1]}{[(1+1^2)^{1/2}-1]} \right] \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.90 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.09 \text{ cm}$$

$S_i = 0.09 \text{ cm}$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm)

Calicata C-03

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.94 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \left[\frac{(1+1^2)^{1/2} + 1}{(1+1^2)^{1/2} - 1} \right] + 1 * \ln \left[\frac{(1+1^2)^{1/2} + 1}{(1+1^2)^{1/2} - 1} \right] \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.94 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

$$\text{OK} < 2.54 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm)

Calicata C-04

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.25
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 1.01 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(1.01 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.25^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.11 \text{ cm}$$

$S_i = 0.11 \text{ cm}$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

CALICATA C-05

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.91 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 900 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.91 * 1 * 100) / (900)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

$$OK < 2.54 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-06

- Longitud de la cimentación : $L = 1.00 \text{ m}$
- Ancho de la cimentación : $B = 1.00 \text{ m}$
- Módulo de Poisson : $\mu = 0.30$
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : $q_n = 0.84 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del suelo : $E_s = 900 \text{ kg/cm}^2$
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.84 * 1 * 100) / (900)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

$$OK < 2.54 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-07

- Longitud de la cimentación : $L = 1.00 \text{ m}$
- Ancho de la cimentación : $B = 1.00 \text{ m}$
- Módulo de Poisson : $\mu = 0.30$
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : $q_n = 1.00 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del suelo : $E_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(1.00 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

$$OK < 2.54 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-08

- Longitud de la cimentación : $L = 1.00 \text{ m}$
- Ancho de la cimentación : $B = 1.00 \text{ m}$
- Módulo de Poisson : $\mu = 0.30$
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : $q_n = 0.87 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del suelo : $E_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.87 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.09 \text{ cm}$$

$$S_i = 0.09 \text{ cm}$$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-09

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : $\mu = 0.30$
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : $q_n = 0.96 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del suelo : $E_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.96 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-10

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.95 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \left[\frac{(1+1^2)^{1/2} + 1}{(1+1^2)^{1/2} - 1} \right] + 1 * \ln \left[\frac{(1+1^2)^{1/2} + 1}{(1+1^2)^{1/2} - 1} \right] \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.95 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

$$OK < 2.54 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-11

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.97 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \left[\frac{(1+1^2)^{1/2} + 1}{(1+1^2)^{1/2} - 1} \right] + 1 * \ln \left[\frac{(1+1^2)^{1/2} + 1}{(1+1^2)^{1/2} - 1} \right] \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.97 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

$$OK < 2.54 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-12

- Longitud de la cimentación : $L = 1.00 \text{ m}$
- Ancho de la cimentación : $B = 1.00 \text{ m}$
- Módulo de Poisson : $\mu = 0.30$
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : $q_n = 0.99 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del suelo : $E_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \ln\left\{\frac{[(1+1^2)^{1/2}+1]}{[(1+1^2)^{1/2}-1]}\right\} + 1 * \ln\left\{\frac{[(1+1^2)^{1/2}+1]}{[(1+1^2)^{1/2}-1]}\right\}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.99 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-13

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.98 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.98 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.10 \text{ cm}$$

$S_i = 0.10 \text{ cm}$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

Calicata C-14

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 0.92 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \ln\left\{\frac{[(1+1^2)^{1/2}+1]}{[(1+1^2)^{1/2}-1]}\right\} + 1 * \ln\left\{\frac{[(1+1^2)^{1/2}+1]}{[(1+1^2)^{1/2}-1]}\right\}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(0.92 * 1 * 100) / (2000)] * (1 - 0.25^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.09 \text{ cm}$$

$S_i = 0.09 \text{ cm}$

OK < 2.54 cm

Por lo tanto, se concluye que los asentamientos serán inferiores a los permisibles (2.54 cm).

CALICATA C-15

- Longitud de la cimentación : L = 1.00 m
- Ancho de la cimentación : B = 1.00 m
- Módulo de Poisson : μ = 0.30
(Tabla N° 19)
- Presión neta de la cimentación : q_n = 1.07 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del suelo : E_s = 1000 kg/cm²
(Tabla N° 20)

Factor m_1

Reemplazando "L" y "B" en:

$$m_1 = 1/1$$

$$m_1 = 1.00$$

Factor de influencia

Reemplazando en la ecuación (70):

$$I_f = (1/3.14) * \{ \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} + 1 * \ln \{ [(1+1^2)^{1/2} + 1] / [(1+1^2)^{1/2} - 1] \} \}$$

$$I_f = 1.12$$

Reemplazando en la ecuación (71):

$$S_i = [(1.07 * 1 * 100) / (1000)] * (1 - 0.3^2) * 1.12$$

$$S_i = 0.11 \text{ cm}$$

$S_i = 0.11 \text{ cm}$

$$OK < 2.54 \text{ cm}$$

Matrices del Modelo

Se tiene las matrices X, Y, X^T

$$X := \begin{pmatrix} 1 & 0.13 & 22 \\ 1 & 0.17 & 18 \\ 1 & 0.11 & 24 \\ 1 & 0.08 & 27 \\ 1 & 0.14 & 21 \\ 1 & 0.15 & 19 \\ 1 & 0.15 & 22 \\ 1 & 0.13 & 21 \\ 1 & 0.10 & 25 \\ 1 & 0.12 & 23 \\ 1 & 0.16 & 21 \\ 1 & 0.12 & 24 \\ 1 & 0.13 & 23 \\ 1 & 0.16 & 20 \\ 1 & 0.14 & 24 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 0.93 \\ 0.90 \\ 0.94 \\ 1.01 \\ 0.91 \\ 0.84 \\ 1.00 \\ 0.87 \\ 0.96 \\ 0.95 \\ 0.97 \\ 0.99 \\ 0.98 \\ 0.92 \\ 1.07 \end{pmatrix}$$

$$X^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 \\ \hline 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0.13 & 0.17 & 0.11 & 0.08 & 0.14 & 0.15 & 0.15 & 0.13 & 0.1 & 0.12 & 0.16 & 0.12 & 0.13 & 0.16 & 0.14 \\ 2 & 22 & 18 & 24 & 27 & 21 & 19 & 22 & 21 & 25 & 23 & 21 & 24 & 23 & 20 & 24 \end{array}$$

Cálculo de las Matrices (X^T.X), (X^T.Y), (X^T.X)⁻¹

Multiplicando las matrices X, Y, X^T, se tiene:

$$X^T \cdot X = \begin{pmatrix} 15 & 1.99 & 334 \\ 1.99 & 0.272 & 43.59 \\ 334 & 43.59 & 7.516 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 14.24 \\ 1.883 \\ 318.43 \end{pmatrix}$$

$$(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} = \begin{pmatrix} 72.216 & -196.057 & -2.072 \\ -196.057 & 583.567 & 5.328 \\ -2.072 & 5.328 & 0.061 \end{pmatrix}$$

Parámetros estimados "a", "b₁", "b₂"

Reemplazando en la ecuación (75):

$$(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \cdot \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{Y} = \begin{pmatrix} -0.643 \\ 3.604 \\ 0.05 \end{pmatrix} \quad \hat{\mathbf{b}} = \begin{pmatrix} -0.643 \\ 3.604 \\ 0.050 \end{pmatrix}$$

De acuerdo a los resultados de la matriz, se tiene:

$$a = -0.643$$

$$b_1 = 3.604$$

$$b_2 = 0.050$$

Ecuación de regresión múltiple

Reemplazando en la ecuación (73):

$$\mathbf{y} = 3.604 * \mathbf{C} + 0.050 * \mathbf{\emptyset} - 0.643$$

b. Error estándar de estimación

De la ecuación (76), se tiene:

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - m - 1}}$$

Donde:

S_{xy} : Error estándar de estimación

Y_i : Valores observados de la muestra en el orden "i"

\hat{Y}_i : Valores estimados a partir de la ecuación en el orden "i"

n : Número de datos

m : Número de variables independientes

y : Valor de capacidad portante

SC_R : Suma de cuadrados de la regresión

Datos

- Número de datos : n = 15.00
 - Número de variables independientes : m = 2.00
 - Suma de cuadrados de la regresión : $SC_R = 0.002061$
- (Ver cuadro 01)**

Cuadro N° 01 Datos para el Cálculo de SC_R

Calicata	Cohesión "C"	Ángulo de fricción (ϕ)	Y_i	\hat{Y}_i	$Y_i - \hat{Y}_i$	$(Y_i - \hat{Y}_i)^2$
01	0.13	22	0.93	0.93	0.00	0.000020
02	0.17	18	0.90	0.87	0.03	0.000919
03	0.11	24	0.94	0.95	-0.01	0.000181
04	0.08	27	1.01	1.00	0.01	0.000216
05	0.14	21	0.91	0.91	0.00	0.000002
06	0.15	19	0.84	0.85	-0.01	0.000058
07	0.15	22	1.00	1.00	0.00	0.000006
08	0.13	21	0.87	0.88	-0.01	0.000030
09	0.1	25	0.96	0.97	-0.01	0.000055
10	0.12	23	0.95	0.94	0.01	0.000111
11	0.16	21	0.97	0.98	-0.01	0.000186
12	0.12	24	0.99	0.99	0.00	0.000000
13	0.13	23	0.98	0.98	0.00	0.000020
14	0.16	20	0.92	0.93	-0.01	0.000186
15	0.14	24	1.07	1.06	0.01	0.000071
$SC_R = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$						0.002061

Fuente: Elaboración Propia

Reemplazando en la ecuación (76):

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{(0.002061)}{(15 - 2 - 1)}}$$

$$S_{xy} = 0.013105$$

$S_{xy} = 0.013105$

c. Coeficiente de determinación múltiple

De la ecuación (77), se tiene:

$$R^2 = 1 - \frac{SC_R}{SC_T} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \widehat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Donde:

R^2 : Error estándar de estimación

SC_R : Suma de cuadrados de la regresión

SC_T : Suma de cuadrados totales

Y_i : Valores observados d la muestra en el orden "i"

\widehat{Y}_i : Valores estimados a partir de la ecuación en el orden "i"

\bar{Y} : Valor promedio de las estimaciones

Datos

- Suma de cuadrados de la regresión : $SC_R = 0.002061$

(Ver cuadro 01)

- Suma de cuadrados totales : $SC_T = 0.047441$

(Ver cuadro 02)

Cuadro N° 02 Datos para el Cálculo de SC_T

Calicata	Cohesión "C"	Ángulo de fricción (ϕ)	Y_i	\bar{Y}	$Y_i - \bar{Y}$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
01	0.13	22	0.93	0.95	-0.02	0.000341
02	0.17	18	0.9	0.95	-0.05	0.002500
03	0.11	24	0.94	0.95	-0.01	0.000100
04	0.08	27	1.01	0.95	0.06	0.003600
05	0.14	21	0.91	0.95	-0.04	0.001600
06	0.15	19	0.84	0.95	-0.11	0.012100
07	0.15	22	1.00	0.95	0.05	0.002500
08	0.13	21	0.87	0.95	-0.08	0.006400
09	0.1	25	0.96	0.95	0.01	0.000100
10	0.12	23	0.95	0.95	0.00	0.000000
11	0.16	21	0.97	0.95	0.02	0.000400
12	0.12	24	0.99	0.95	0.04	0.001600
13	0.13	23	0.98	0.95	0.03	0.000900
14	0.16	20	0.92	0.95	-0.03	0.000900
15	0.14	24	1.07	0.95	0.12	0.014400
$SC_T = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$						0.047441

Fuente: Elaboración Propia

Reemplazando en la ecuación (77):

$$R^2 = 1 - \frac{0.002061}{0.047441}$$

$$R^2 = 0.956556$$

$$\boxed{R^2 = 0.956556}$$

d. Coeficiente de correlación múltiple

De la ecuación (78), se tiene:

$$R = \sqrt{1 - \frac{SC_R}{SC_T}} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Donde:

R : Error estándar de estimación

SC_R : Suma de cuadrados de la regresión

SC_T : Suma de cuadrados totales

Datos

- Suma de cuadrados de la regresión : SC_R = 0.002061

(Ver cuadro 01)

- Suma de cuadrados totales : SC_T = 0.047441

(Ver cuadro 02)

Reemplazando en la ecuación (78):

$$R = \sqrt{1 - \frac{0.002061}{0.047441}}$$

$$R = 0.978037$$

$$\boxed{R = 0.978037}$$

Un resumen de esta información se tiene en el **Cuadro N° 21**.

IV. RESULTADOS

4.1 EXPLORACIÓN DE SUELOS

Cuadro N° 03 Resultados de la Exploración de Campo – Resumen

Calicata	Prof. de nivel freático (m)	Presencia de roca firme	N° de muestras alteradas	Prof. a cielo abierto (m)
C-01	-	-	2.00	3.00
C-02	-	-	2.00	3.00
C-03	-	-	2.00	3.00
C-04	-	-	2.00	3.00
C-05	-	-	1.00	3.00
C-06	-	-	1.00	3.00
C-07	-	-	1.00	3.00
C-08	-	-	2.00	3.00
C-09	-	-	2.00	3.00
C-10	-	-	1.00	3.00
C-11	-	-	2.00	3.00
C-12	-	-	2.00	3.00
C-13	-	-	1.00	3.00
C-14	-	-	2.00	3.00
C-15	-	-	2.00	3.00

Fuente: Elaboración Propia

4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Cuadro N° 04 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 01

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 01		
	M-1	M-2	M-3
FÍSICO - MECÁNICOS			
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	23.15	34.94
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	15.00	17.85
Índice Plástico (%)	-	8.15	17.09
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	39.11	46.71
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-4(0)	A-6(4)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	9.89	13.40
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.25	0.25 - 1.00	1.00 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 05 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 02

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 02		
	M-1	M-2	M-3
FÍSICO - MECÁNICOS			
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	30.01	31.18
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	15.14	16.20
Índice Plástico (%)	-	14.87	14.98
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	46.38	46.69
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(3)	A-6(4)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	10.06	12.52
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.25	0.25 – 0.90	0.90 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 06 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 03

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 03		
	M-1	M-2	M-3
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	34.14	35.20
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	17.28	17.71
Índice Plástico (%)	-	16.86	17.49
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	50.49	46.26
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	CL	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(5)	A-6(4)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	13.79	13.31
Profundidad de Perforación (m.)	0-1.00	1.00 – 1.30	1.30 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia**Cuadro N° 07 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 04**

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 04		
	M-1	M-2	M-3
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	38.24	NP
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	19.39	NP
Índice Plástico (%)	-	18.85	NP
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	91.77
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	62.06	11.39
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	CL	SP-SM
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(9)	A-2-4(0)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	16.15	2.30
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.20	0.20 – 0.80	0.80 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 08 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 05

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 05	
	M-1	M-2
FÍSICO - MECÁNICOS		
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	36.32
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	18.55
Índice Plástico (%)	-	17.77
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	48.72
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(5)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	12.79
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.30	0.30 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 09 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 06

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 06	
	M-1	M-2
FÍSICO - MECÁNICOS		
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	33.83
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	17.10
Índice Plástico (%)	-	16.73
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	50.25
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	CL
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(5)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	13.52
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.60	0.60 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 10 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 07

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 07	
	M-1	M-2
FÍSICO - MECÁNICOS		
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	32.02
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	17.64
Índice Plástico (%)	-	14.38
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	42.85
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(2)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	12.56
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.90	0.90 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 11 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 08

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 08		
	M-1	M-2	M-3
FÍSICO - MECÁNICOS			
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	21.77	33.60
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	14.10	17.17
Índice Plástico (%)	-	7.67	16.43
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	37.80	43.14
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(4)	A-6(3)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	6.14	13.02
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.40	0.40 – 1.00	1.00 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 12 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 09

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 09		
	FÍSICO - MECÁNICOS	M-1	M-2
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	23.14	35.07
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	14.81	18.35
Índice Plástico (%)	-	8.33	16.72
% Pasa Tamiz N° 04	-	-	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	35.98	43.17
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-4(0)	A-6(3)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	8.03	12.74
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.50	0.50 – 1.10	1.10 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia**Cuadro N° 13 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 10**

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 10	
	FÍSICO - MECÁNICOS	M-1
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	30.76
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	16.17
Índice Plástico (%)	-	14.59
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	43.46
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(3)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	9.84
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.30	0.30 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 14 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 11

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 11		
	M-1	M-2	M-3
FÍSICO - MECÁNICOS			
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	21.93	30.25
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	16.77	16.44
Índice Plástico (%)	-	5.16	13.81
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	36.95	45.45
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SM-SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-4(0)	A-6(3)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	8.59	13.18
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.30	0.30 – 0.90	0.90 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia**Cuadro N° 15 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 12**

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 12		
	M-1	M-2	M-3
FÍSICO - MECÁNICOS			
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	25.33	38.99
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	16.46	20.62
Índice Plástico (%)	-	8.87	18.37
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	42.11	47.13
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-4(1)	A-6(5)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	8.91	14.63
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.30	0.30 – 0.90	0.90 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 16 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 13

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 13	
FÍSICO - MECÁNICOS	M-1	M-2
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	31.39
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	17.50
Índice Plástico (%)	-	13.89
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	49.00
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(4)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	9.81
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.40	0.40 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 17 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 14

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 12		
FÍSICO - MECÁNICOS	M-1	M-2	M-3
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	27.86	36.02
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	15.12	18.18
Índice Plástico (%)	-	12.74	17.84
% Pasa Tamiz N° 04	-	99.94	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	44.96	46.54
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-6(2)	A-6(5)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	9.15	11.84
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.30	0.30 – 1.00	1.00 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 18 Resultados de los Ensayos Estándar – Calicata N° 15

CARACTERÍSTICAS	CALICATA N° 15		
FÍSICO - MECÁNICOS	M-1	M-2	M-3
Límite Líquido (%) ASTM - D - 4318	-	22.82	33.87
Límite Plástico (%) ASTM - D - 4318	-	14.15	17.28
Índice Plástico (%)	-	8.67	16.59
% Pasa Tamiz N° 04	-	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM - D - 422	-	38.12	45.21
Clasificación SUCS ASTM - D - 2216	CL-PT	SC	SC
Clasificación AASHTO	A-8	A-4(0)	A-6(4)
Humedad Natural (%) ASTM - D - 2216	-	8.82	13.00
Profundidad de Perforación (m.)	0-0.30	0.30 – 0.90	0.90 – 3.00

Fuente: Elaboración Propia

4.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Cuadro N° 19 Resultados de las Capacidades Portantes del Suelo - Resumen

Calicata	Ancho de la cimentación "B" (m)	Prof. de desplante "D _r " (m)	Peso específico del suelo "γ" (g/cm ³)	Factor de seguridad "FS"	Capacidad portante "q _{adm} " (Kg/cm ²)
C-01	1.00	1.50	1.82	3.00	0.93
C-02	1.00	1.50	2.02	3.00	0.90
C-03	1.00	1.50	1.71	3.00	0.94
C-04	1.00	1.50	1.73	3.00	1.01
C-05	1.00	1.50	1.82	3.00	0.91
C-06	1.00	1.50	1.81	3.00	0.84
C-07	1.00	1.50	1.78	3.00	1.00
C-08	1.00	1.50	1.87	3.00	0.87
C-09	1.00	1.50	1.72	3.00	0.96
C-10	1.00	1.50	1.83	3.00	0.95
C-11	1.00	1.50	1.75	3.00	0.97
C-12	1.00	1.50	1.74	3.00	0.99
C-13	1.00	1.50	1.77	3.00	0.98
C-14	1.00	1.50	1.80	3.00	0.92
C-15	1.00	1.50	1.74	3.00	1.07

Fuente: Elaboración Propia

4.4 DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Cuadro N° 20 Resultados del Asentamiento Elástico del Suelo - Resumen

Calicata	Presión neta de la cimentación "q _n " (Kg/cm ²)	Ancho de la cimentación "B" (m)	Módulo de la elasticidad "E _s " (Kg/cm ²)	Módulo de poisson "μ"	Factor de influencia "I _f "	Asentam. "S _i " (cm)
C-01	0.93	1.00	1000	0.30	1.12	0.09
C-02	0.90	1.00	1000	0.30	1.12	0.09
C-03	0.94	1.00	1000	0.30	1.12	0.10
C-04	1.01	1.00	1000	0.25	1.12	0.11
C-05	0.91	1.00	900	0.30	1.12	0.10
C-06	0.84	1.00	900	0.30	1.12	0.10
C-07	1.00	1.00	1000	0.30	1.12	0.10
C-08	0.87	1.00	1000	0.30	1.12	0.09
C-09	0.96	1.00	1000	0.30	1.12	0.10
C-10	0.95	1.00	1000	0.30	1.12	0.10
C-11	0.97	1.00	1000	0.30	1.12	0.10
C-12	0.99	1.00	1000	0.30	1.12	0.10
C-13	0.98	1.00	1000	0.30	1.12	0.10
C-14	0.92	1.00	1000	0.30	1.12	0.09
C-15	1.07	1.00	1000	0.30	1.12	0.11

Fuente: Elaboración Propia

4.5 REGRESIÓN MÚLTIPLE

Cuadro N° 21 Resumen de Regresión Múltiple

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.978037
Coeficiente de determinación R ²	0.956556
Error típico	0.013105
Observaciones	15
Intercepción	-0.643
Variable b ₁	3.604
Variable b ₂	0.050

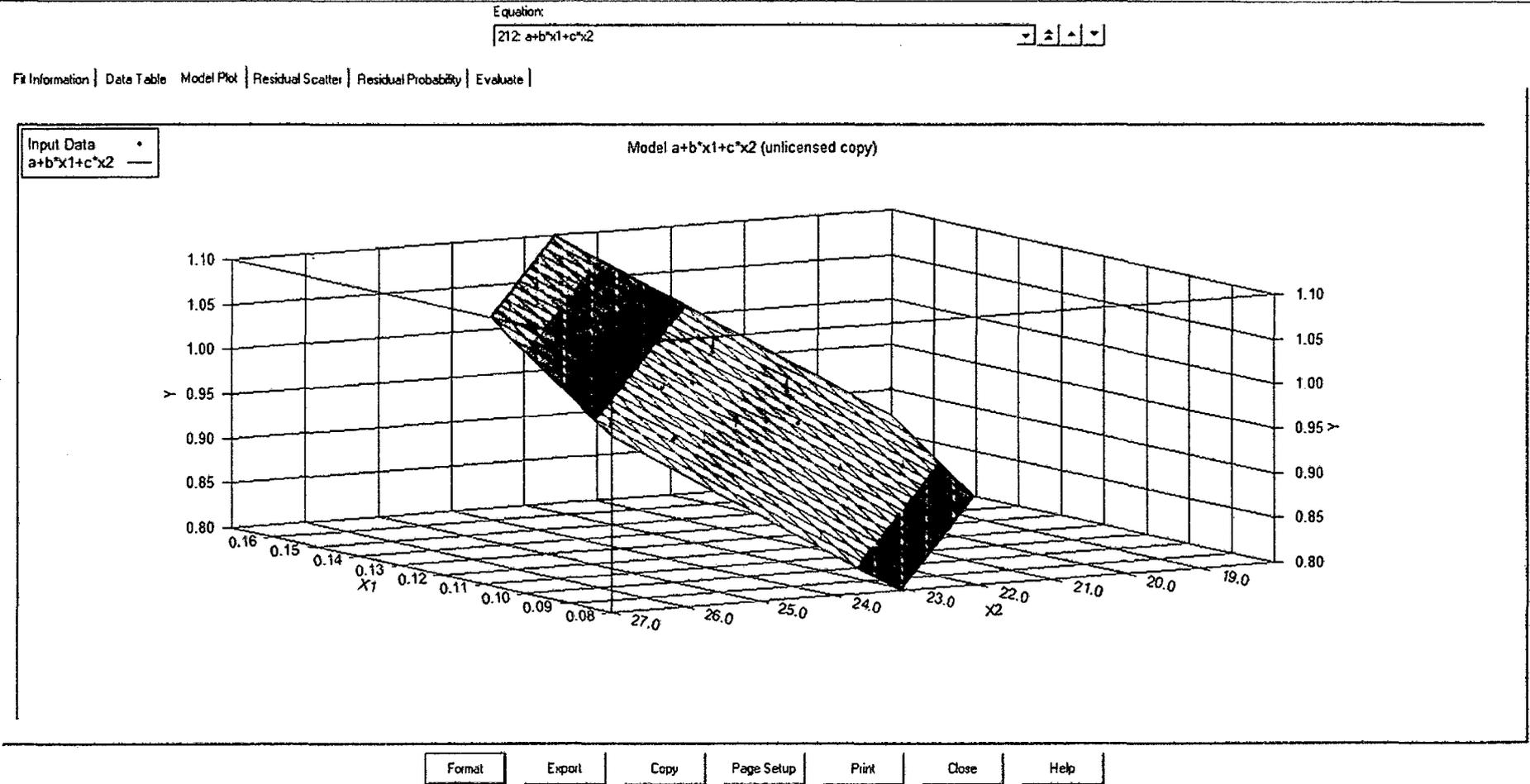
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 22 Ecuación de regresión múltiple

Ecuación de regresión múltiple	
a=-0.643	$y=3.604*C+0.05*\phi-0.643$
b ₁ =3.604	
b ₂ =0.050	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 01. Plano de Dispersión



Fuente: Elaboración Propia

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 EXPLORACIÓN DE SUELOS

Se ha desarrollado el trabajo de campo, recorriendo toda el área de estudio, teniendo en cuenta diversos aspectos, los cuales fueron tomados en cuenta para llevar a cabo el reconocimiento del terreno, la excavación de las calicatas y la toma de muestras. Cabe indicar que el trabajo de campo, muestreo y realización de ensayos se ejecutaron entre los meses de Agosto y Setiembre del 2014.

Para la elección de los puntos de muestreo, se tomó el criterio basado en el método estadístico de muestreo aleatorio estratificado, tomando en cuenta factores como: la topografía de la zona de estudio. No obstante el RNE, Norma E.050, capítulo de suelos y cimentaciones, nos indica que por cada hectárea se debe proyectar tres calicatas, en este caso y teniendo en cuenta el área en hectáreas de los sectores estudiados (Los Indanos=8.3251 Ha, La Colina=7.0892 HA, Las Lomas de San Pedro=4.9799 Ha) se tendría que haber ejecutado un total de 57 calicatas; lo cual traería un costo económico muy elevado para el proyecto. Es por eso que para determinar la ubicación y número de las calicatas, se tuvo en cuenta el método estadístico de muestreo aleatorio estratificado, mediante el cual se determinó realizar 15 calicatas (5 calicatas por sector).

Tomando el criterio del método del muestreo aleatorio estratificado, además de los factores tales como topografía, geología, entre otros; se dividió la zona de estudio en tres subsectores o zonas, siendo los subsectores estudiados los siguientes:

Zona I: Subsector Los Indanos (Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urbanización Los Indanos).

Zona II: Subsector La Colina.

Zona III: Subsector Las Lomas de San Pedro.

Zonas en las cuales se realizaron 05 calicatas en cada una de ellas.

Zona I: C-01, C-02, C-03, C-04, C-05.

Zona II: C-06, C-07, C-08, C-09, C-10.

Zona III: C-11, C-12, C-13, C-14, C-15.

Para la determinación de la profundidad de exploración de las calicatas, se consideró la aplicación del teorema de Boussinesq para el cálculo y se tuvo que para una profundidad de 3.00 m, la carga se disipa en un orden menor al 10%. Razón por la cual se realizó la excavación a la profundidad de 3.00 m, tomando en cuenta que el Df mínimo que indica la Norma 050 es de 1.50m, puesto que a esa profundidad el suelo presenta la resistencia mínima requerida para realizar una cimentación superficial.

Del mismo modo, después de determinar la elección, profundidad y cantidad de los puntos de muestreo, se realizaron las excavaciones de 15 calicatas, obteniendo un total de 25 muestras alteradas, entre calicatas que tenían desde 1 a 2 estratos, además a una profundidad de desplante no menor 1.50 m, se tomaron 15 muestras inalteradas. Asimismo se puede añadir que no se encontró presencia de nivel freático.

5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se ha desarrollado los ensayos de laboratorio de contenido de humedad, análisis granulométrico, límites líquido y límite plástico, clasificación de suelos, corte directo, teniendo en cuenta las normas establecidas vigentes. Asimismo estos ensayos han permitido determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación, así como también el tipo de suelo y sus características.

Los resultados que mostraron los ensayos de laboratorio estándar, como el contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de consistencia, nos dice lo siguiente:

Zona I

- El contenido de humedad que presentan las muestras analizadas en esta zona varían entre 2.30% a 13.40%, en los estratos presentes dentro del Df, lo cual evidencia suelos semisecos o con presencia de granos gruesos o

grava en el caso del valor menor del porcentaje de humedad obtenido. No encontrándose nivel freático superficial en las calicatas realizadas en esta zona.

- En las calicatas C-01 y C-02, las muestras tienen el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 que varía entre 39.11% a 46.71%, y se clasifica como arenas con presencia de finos. Respecto a su plasticidad las muestras presentan Límite Líquido que varía de 23.15% a 34.94% y un Índice de Plasticidad de 8.15% a 17.09%, clasificándose mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como suelos de mezcla de arenas y arcillas: Arena Arcillosa (SC), de plasticidad baja a media.
- En las calicatas C-03, C-04 y C-05, las muestras tienen el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 que varía entre 48.72% a 62.06%, y se clasifica como arcillas. Respecto a su plasticidad las muestras presentan Límite Líquido que varía de 34.14% a 38.24% y un Índice de Plasticidad de 16.86% a 18.85%, clasificándose mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como suelos arcillosos inorgánicos: Arcilla Inorgánica (CL), de plasticidad media.
- En el caso de la C-04, la muestra presenta que el porcentaje que pasa la malla N° 04 es del 91.77%, clasificándose como arena; el porcentaje que pasa la malla N° 200 es del 11.39%, por lo cual se clasifica con símbolo doble: Arena Limosa Mal Graduada (SP-SM). No presenta límites de consistencia, y existe presencia de material gravoso (T.M. 3").

Del mismo modo los resultados que mostraron los ensayos de laboratorio especiales, como el corte directo, nos dice lo siguiente:

- De las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05, que según su clasificación son entre arcillas inorgánicas (CL), arenas arcillosas (SC) y arenas mal graduadas limosas (SP-SM), se pudo apreciar que la cohesión en este tipo de suelos va desde 0.08-0.17 kg/cm², esto debido a que la cohesión depende de la

humedad del suelo, y se tiene para este caso que el porcentaje (%) de contenido de humedad es bajo, es por eso que las arenas arcillosas presentan muy poca cohesión y en las arenas limosas este dato es prácticamente nulo.

- Asimismo de las mismas calicatas que tienen este tipo de suelo (CL, SC, SP-SM), se pudo observar que el ángulo de fricción va desde 18°-27°, esto depende fundamentalmente de la granulometría, forma, tamaño y disposición de las partículas; de tal manera se tiene para este caso, que el ángulo de fricción ofrece una mejor resistencia al deslizamiento, debido a que tiene superficies de contacto mayores entre sus partículas.

Zona II

- El contenido de humedad que presentan las muestras analizadas en esta zona varían entre 8.03% a 13.52%, en los estratos presentes dentro del Df, lo cual evidencia suelos semisecos. No encontrándose nivel freático superficial en las calicatas realizadas en esta zona.
- En la calicata C-06, la muestra tiene el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 es de 50.25%, y se clasifica como arcillas. Respecto a su plasticidad la muestra presenta Límite Líquido de 33.83% y un Índice de Plasticidad de 16.73%, clasificándose mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como suelo arcilloso inorgánico: Arcilla Inorgánica (CL), de plasticidad media.
- En las calicatas C-07, C-08, C-09 y C-10, las muestras tienen el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 que varía entre 35.98% a 43.17%, y se clasifica como arenas con presencia de finos. Respecto a su plasticidad las muestras presentan Límite Líquido que varía de 21.77% a 35.07% y un Índice de Plasticidad de 7.67% a 16.72%, clasificándose mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como suelos de mezcla de arenas y arcillas: Arena Arcillosa (SC), de plasticidad baja a media.

Del mismo modo los resultados que mostraron los ensayos de laboratorio especiales, como el corte directo, nos dice lo siguiente:

- De las calicatas C-06, C-07, C-08, C-09 y C-10, que según su clasificación son entre arcillas inorgánicas (CL) y arenas arcillosas (SC), se pudo apreciar que la cohesión en este tipo de suelos va desde 0.10-0.15 kg/cm², esto debido a que la cohesión depende de la humedad del suelo, y se tiene para este caso que el porcentaje (%) de contenido de humedad es bajo, es por eso que las arenas arcillosas presentan muy poca cohesión .
- Asimismo de las mismas calicatas que tienen este tipo de suelo (CL, SC), se pudo observar que el ángulo de fricción va desde 19°-25°, esto depende fundamentalmente de la granulometría, forma, tamaño y disposición de las partículas; de tal manera se tiene para este caso, que el ángulo de fricción ofrece una mejor resistencia al deslizamiento, debido a que tiene superficies de contacto mayores entre sus partículas.

Zona III

- El contenido de humedad que presentan las muestras analizadas en esta zona varían entre 8.59% a 14.63%, en los estratos presentes dentro del Df, lo cual evidencia suelos semisecos. No encontrándose nivel freático superficial en las calicatas realizadas en esta zona.
- En las calicatas C-11, C-12, C-13, C-14 y C-15, las muestras tienen el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 que varía entre 36.95% a 47.13%, y se clasifica como arenas con presencia de finos. Respecto a su plasticidad las muestras presentan Límite Líquido que varía de 22.82% a 38.99% y un Índice de Plasticidad de 8.67% a 18.37%, clasificándose mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como suelos de mezcla de arenas y arcillas: Arena Arcillosa (SC), de plasticidad baja a media.
- En el caso de la C-11, la muestra de uno de sus estratos presenta que el porcentaje que pasa la malla N° 04 es del 100.00%, clasificándose como

arena; el porcentaje que pasa la malla N° 200 es del 36.95%, de Límite Líquido 21.93% e Índice de Plasticidad de 5.16%, por lo cual se clasifica con símbolo doble: Arena Limo Arcillosa (SM-SC).

Del mismo modo los resultados que mostraron los ensayos de laboratorio especiales, como el corte directo, nos dice lo siguiente:

- De las calicatas C-11, C-12, C-13, C-14 y C-15, que según su clasificación son arenas arcillosas (SC), se pudo apreciar que la cohesión en este tipo de suelos va desde 0.12-0.16 kg/cm², esto debido a que la cohesión depende de la humedad del suelo, y se tiene para este caso que el porcentaje (%) de contenido de humedad es bajo, es por eso que las arenas arcillosas presentan muy poca cohesión .
- Asimismo de las mismas calicatas que tienen este tipo de suelo (SC), se pudo observar que el ángulo de fricción va desde 20°-24°, esto depende fundamentalmente de la granulometría, forma, tamaño y disposición de las partículas; de tal manera se tiene para este caso, que el ángulo de fricción ofrece una mejor resistencia al deslizamiento, debido a que tiene superficies de contacto mayores entre sus partículas.

Estos resultados se muestran desde el **Cuadro N° 04 al Cuadro N° 18**.

5.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE POR CORTE Y ASENTAMIENTO

Se ha procedido a determinar la capacidad portante del suelo de fundación del sector Coperholta, teniendo en cuenta lo siguiente:

- De acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio para cada calicata, se pudo obtener los siguientes parámetros necesarios de: cohesión, ángulo de fricción, peso específico del suelo, tipo de suelo, información complementaria para desarrollar el posterior cálculo.

- Del mismo modo en concordancia con el RNE, Norma E.050, capítulo de suelos y cimentaciones, se asumió una profundidad de desplante no menor a 0.80 m ($D_f=1.50$ m), y un ancho de cimentación ($B=1.00$ m), esto para que la relación profundidad/ancho (D_f/B) sea menor o igual a cinco (5) y de esta manera se pueda considerar cimentaciones superficiales. Asimismo según los tipos de suelos que se han encontrado en la clasificación, se tomó en cuenta el caso de falla local, para efectos de cálculo.
- Se ha optado por aplicar la teoría de Karl Terzaghi, para el caso de una falla local en cimentaciones cuadradas de 1.00 x 1.00 m, ya que esta teoría nos proporciona resultados más seguros, es decir nos permite trabajar en el caso más desfavorable al momento de proyectar una cimentación, debido a que los valores de capacidad portante que se obtiene al aplicar esta teoría son menores. Asimismo de acuerdo al RNE, Norma E.050, capítulo de suelos y cimentaciones, se ha considerado un factor de seguridad ($FS=3$), para efectos de cálculo.
- Los resultados que se obtuvieron del cálculo de la capacidad portante por corte, nos dicen que existe valores desde 0.84-1.07 kg/cm², obteniendo así valores cercanos y mayores a la unidad, las cuales mayormente pertenecen al tipo de suelo de arenas arcillosas y arcilla de baja plasticidad.
- De igual forma, para realizar el cálculo de la capacidad portante por asentamiento, se ha tenido en consideración aplicar las expresiones deducidas por Harr (1966), para el centro de una cimentación flexible, las cuales están basadas en la teoría de la elasticidad (ley de Hooke). De esta manera con los parámetros de módulo de Elasticidad, módulo de Poisson para cada tipo de suelo, el factor de influencia, además de la capacidad de carga admisible última, se ha podido determinar el asentamiento elástico en cimentaciones superficiales.
- Los resultados que se obtuvieron del cálculo del asentamiento elástico, nos dicen que existe valores desde 0.09-0.11 cm, siendo los valores menores a 0.10, las cuales corresponden a las arenas limosas, arenas arcillosas,

mientras que para el resto de calicatas de valores mayores a 0.10, las cuales mayormente pertenecen al tipo de suelo de arcilla de alta y baja plasticidad. Asimismo los asentamientos elásticos permisibles en ninguno de los casos excedió a 1" (2.54 cm), lo cual se pudo constatar en los resultados obtenidos de los cálculos para cada calicata.

Estos resultados se pueden apreciar en el **Cuadro N° 19** y **Cuadro N° 20**.

5.4 REGRESIÓN MÚLTIPLE

Se ha procedido a elaborar una ecuación, que nos permita obtener valores de capacidad portante, en función de variables como la cohesión y el ángulo de fricción. De esta manera, se puede decir lo siguiente:

- La ecuación de regresión obtenida ($y=3.604*C+0.050*\phi-0.643$), satisface los valores de capacidad portante calculados anteriormente, lo cual nos indica que los coeficientes generados, para esta ecuación son válidos.
- El error estándar de estimación ($\varepsilon=0.013105$), nos indica también que existe un alto nivel de confiabilidad, en la ecuación obtenida, esto debido a que el grado de dispersión de los puntos alrededor del plano de regresión múltiple son menores.
- El coeficiente de determinación ($r^2=0.956556$), es muy cercano a la unidad (1.00), lo cual nos indica, que existe una fuerte correlación entre las variables dependiente e independiente, es decir entre la capacidad portante, la cohesión y el ángulo de fricción, respectivamente.
- El coeficiente de correlación ($r=0.978037$), nos indica que los valores de capacidad portante obtenidos en función de la cohesión y el ángulo de fricción están bien determinados, es decir existe mayor precisión y exactitud en los resultados.

- El intervalo de confianza es más del 95%, lo cual indica un margen de error menor al 5%, de esta manera entre más grande sea el intervalo de confianza, el error irá disminuyendo, y nuestros resultados serán cada vez más confiables y precisos.
- El grado de dispersión de los puntos alrededor del plano de regresión múltiple son menores, es decir los valores de capacidad portante obtenidos en función de la cohesión y el ángulo de fricción, son cada vez más cercanos a este plano, por lo tanto se puede concluir que la estimación de los coeficientes para la ecuación antes mencionada tienen mayor precisión.

Estos resultados se pueden apreciar en el **Cuadro N° 21, Cuadro N° 22 y Gráfico N° 01.**

5.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se ha seleccionado las alternativas más convenientes desde los puntos de vista técnico y económico. De esta manera se tiene lo siguiente:

- Para la determinación de la ubicación y cantidad de los puntos de muestreo, se ha optado por considerar el método estadístico de muestreo aleatorio estratificado, teniendo en cuenta factores como la topografía, geología, geografía de la zona de estudio, esto debido a que el RNE, Norma E.050, capítulo de suelos y cimentaciones, sostiene que por cada hectárea se debe proyectar tres calicatas, el cual demandaría un costo económico muy elevado a la investigación, es por eso que se consideró el método antes mencionado.
- Para la determinación de la profundidad de los puntos de muestreo, se ha optado por aplicar el teorema de Boussinesq, esto para conocer la altura de exploración adecuada, en el cual la carga se disipa en un orden menor al 10%.

- Con los parámetros obtenidos de los ensayos de laboratorio para el cálculo de la capacidad portante por corte, se ha optado por aplicar la teoría de Karl Terzaghi, para el caso de una falla local en cimentaciones cuadradas de 1.00 x 1.00 m, ya que esta teoría nos proporciona resultados más confiables, es decir nos permite trabajar en el caso más desfavorable al momento de proyectar una cimentación.
- Para realizar el cálculo de la capacidad portante por asentamiento, se ha optado por aplicar las expresiones deducidas por Harr (1966), para el centro de una cimentación flexible, las cuales están basadas en la teoría de la elasticidad (ley de Hooke), esto debido a que se está determinando asentamientos elásticos inmediatos, y de esta manera poder comprobar si estos asentamientos exceden a los permisibles (1”).
- Para determinar una ecuación, en donde se pueda obtener la capacidad portante en función de la cohesión y el ángulo de fricción, se ha optado por aplicar una regresión múltiple, ya que este procedimiento nos permite incluir más de una variable, con la finalidad de utilizar la mayor información que se tenga para estimar resultados más exactos.

5.6 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La exploración de campo nos ha determinado el lugar y la cantidad de puntos a muestrear, esto tomando en consideración diversos aspectos antes mencionados, para la obtención de dichas muestras. De esta manera, el trabajo realizado trajo como resultado un total de 15 calicatas, de cual se pudo obtener 25 muestras alteradas y 15 muestras inalteradas. Asimismo se puede añadir que no existió presencia de nivel freático a una altura por encima de los 3.00 m.

Del mismo modo, con los resultados obtenidos de la exploración de campo se realizó los ensayos de laboratorio correspondientes, para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación, así como también el tipo de suelo y sus características. Del trabajo realizado se pudo obtener un contenido de humedad en promedio de 18.60%. Además en la última muestra de cada

calicata, mediante la clasificación SUCS, se obtuvo diversos tipos de suelos, entre los que se encuentran: arenas arcillosas (SC), arenas mal graduadas limosas (SP-SM), suelos arcillosos de baja plasticidad (CL); de acuerdo a estos resultados se tienen valores de cohesión que van desde 0.08-0.17 kg/cm² y un ángulo de fricción entre 18°-27°.

Posteriormente, con los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, se efectuó el cálculo de la capacidad portante, aplicando la teoría de Karl Terzaghi, para el caso de una falla local en cimentaciones cuadradas de 1.00 x 1.00 m. De este cálculo se pudo observar que existe valores desde 0.84-1.07 kg/cm², valores para los suelos que corresponden a las arenas arcillosas y arcillas de baja plasticidad.

Asimismo se determinó el asentamiento elástico inmediato aplicando las expresiones deducidas por Harr (1966), para el centro de una cimentación flexible, obteniendo resultados de asentamientos que oscilan entre 0.09-0.11 cm, los cuales no superan a los permisibles de 1" (2.54 cm).

De este modo, se propone que en el Sector Coperholta se puede plantear proyectar cimentaciones superficiales como cimientos corridos, zapatas aisladas, etc.

Además contrastando con la información brindada por INDECI en el estudio "MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE TARAPOTO, MORALES Y LA BANDA DE SHILCAYO", el cual sostiene que, los tipos de suelos que se presentan en la zona alta de la ciudad de Tarapoto, son del tipo CL: Arcillas de Baja Plasticidad, presenta poca similitud con los tipos de suelos obtenidos, ya que en su mayoría se encontró suelo del tipo Arenas Arcillosas (SC).

Así mismo teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio "Microzonificación Sísmica de las Ciudades de Moyobamba, Rioja y Soritor" de Lara Montani, se puede indicar lo siguiente:

Zona I: $q_{adm} = 0.94 \text{ kg/cm}^2$, el suelo es de condición habitable.

Zona II: $q_{adm} = 0.92 \text{ kg/cm}^2$, el suelo es de condición habitable.

Zona III: $q_{adm} = 0.99 \text{ kg/cm}^2$, el suelo es de condición habitable.

Lo que implica que el área estudiada es habitable pues presenta una capacidad de carga confiable.

Finalmente, de lo anteriormente mencionado se puede afirmar que: Se puede conocer los valores de Capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta mediante estudio de Mecánica de Suelos, obteniendo de ella la capacidad portante del suelo de dicho sector, lo cual nos permitirá proponer cimentaciones adecuadas para la construcción de viviendas más seguras, por lo tanto se concluye que la hipótesis planteada en esta investigación si es válida. Al demostrar la hipótesis en esta investigación se ha cumplido con los objetivos planteados.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Tomando en consideración los objetivos planteados, la hipótesis y el análisis de los resultados, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- En la exploración de campo, para determinar la cantidad y el lugar de los puntos a muestrear, se tomó en cuenta el método estadístico de muestreo aleatorio estratificado, además de los factores como la topografía y geografía de la zona de estudio, y lugares de expansión urbana; determinando así la realización de 15 calicatas (05 calicatas por sector).
- De los ensayos estándar ejecutados se determinó que puesto que las calicatas no presentan nivel freático, muestran porcentaje promedio de humedad 18.60%, es decir el suelo se presenta en estado semiseco, puesto que la exploración fue realizada entre los meses de Agosto y Setiembre, que generalmente son épocas en que no se dan mayores precipitaciones en la zona
- De acuerdo a los ensayos de laboratorio y posteriormente haber analizados los resultados que se obtuvieron, se concluye que el tipo de suelo más predominante en la zona de estudio es la arena arcillosa (SC), lo cual se pudo constatar de la clasificación SUCS realizada a 19 muestras. De este modo aplicando la misma clasificación para 04 muestras se obtuvo el tipo de suelo: arcilloso inorgánicos de baja plasticidad (CL), para 01 muestra: arena limosa mal graduada (SP-SM), y también para 01 muestra: arena limo arcillosa (SM-SC), estos últimos a su vez, terminan siendo los suelos menos representativos en la zona de estudio. Además, en la última muestra de cada calicata, mediante la clasificación SUCS, se obtuvo diversos tipos de suelos, entre los que se encuentran: arenas arcillosas (SC), suelos arcillosos de baja plasticidad (CL), arenas mal graduadas limosas (SP-SM) y arena limo arcillosas (SM-SC), de acuerdo a estos resultados se obtuvieron valores de

cohesión que van desde 0.08-0.17 kg/cm² y ángulo de fricción entre 18°-27, conforme a estos datos obtenidos se concluye que las arenas presentan muy poca cohesión o ninguna a diferencia de las arcillas, esto debido a que la cohesión depende de la humedad del suelo y se tiene para este caso que el porcentaje (%) de contenido de humedad es bajo en las arenas y alto en las arcillas. Asimismo se puede deducir que el ángulo de fricción en las arenas ofrece una mejor resistencia al deslizamiento, debido a que tiene superficies de contacto mayores entre sus partículas, a diferencia de las arcillas; lo cual depende fundamentalmente de la granulometría, forma, tamaño y disposición de las mismas.

- La aplicación de la teoría de Karl Terzaghi, para el caso de una falla local en cimentaciones cuadradas de 1.00 x 1.00 m, nos proporcionó resultados más seguros, ya que nos permitió trabajar en el caso más desfavorable al momento de proyectar una cimentación, debido a que los valores de capacidad portante que se obtuvieron al aplicar esta teoría son menores. Los resultados que se obtuvieron del cálculo de la capacidad portante por corte, nos dicen que existen valores desde 0.84-1.07 kg/cm², conforme a estos resultados se puede concluir que mayormente las arenas arcillosas (SC) y arcillas de baja plasticidad (CL), como suelo de fundación, ofrecen una mejor capacidad de soporte. Estando todos los asentamientos proyectados dentro de los límites permisibles, por lo que las futuras edificaciones no tendrán problemas de asentamientos instantáneos.
- Una vez obtenido los valores de la capacidad portante de la zona de estudio, se plasmó dicha información en los planos que se presentan en los Anexos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda, que si bien en la Norma E 0.50 del RNE, nos indica que para edificaciones con áreas techadas en planta menores de 500 m² y de altura menor de cuatro pisos no es obligatorio la realización de estudios de mecánica de suelos, se realicen de igual manera ya que el suelo es

impredicible y como profesionales estamos en el deber de siempre velar por la seguridad y el bienestar tanto de las obras como de las personas que hacen uso de ellas.

- Además que al momento de proyectar el tipo de cimentación se debe tomar en consideración aspectos complementarios, tales como el tipo de edificación a construir, el uso que se le va dar, los niveles con las cuales va contar, es decir las condiciones básicas estructurales propias de la edificación como son las cargas de servicio y los momentos que se transmiten al terreno de fundación.
- Se recomienda que si se desea cimentar en la zona de estudio se realice una investigación más detallada de exploración más completa del suelo, tomando en consideración aspectos como el factor sísmico, geotécnico, hidrológico, de peligros y vulnerabilidad, esto debido a que el presente trabajo se hizo tomando en cuenta muestras elegidas al azar, es decir por método aleatorio, por lo cual si se desea realizar construcción de viviendas u otros tipos de edificaciones se recomienda realizar Estudio de Mecánica de Suelos puntual, es decir específicamente en el lugar donde se desee construir.
- El presente trabajo, se puede tomar como referencia o como una herramienta de gestión, que puede permitir a las autoridades de las asociaciones de vivienda que se encuentran dentro de la zona de estudio y a las autoridades de la misma Municipalidad Provincial de San Martín, elaborar un acertado planeamiento territorial, o plan de uso de suelo o también tener una idea de que posibles infraestructuras se puede proyectar en la zona estudiada, o simplemente tomar como base para la realización de un estudio más profundo de la zona, ya que actualmente es nula la información que se tiene de esta parte de la ciudad.

VII. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- BERRY, Peter L. y REID, David. (1993). Mecánica de Suelos. (1ra ed.). Argentina: McGraw.
- BOUSSINESQ, J. (1885). Application des Potentials a L'Etude de L'Equilibre et du Mouvement des Solides Elastiques. París, Francia: Gauthier-Villars.
- BRAZELTON PECK, Ralph, HANSON, Walter E. y HAMPTON T., Thomas. (1990). Ingeniería de Cimentaciones. (2da ed.). México: Limusa.
- BRAJA M., Das. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. (4ta ed.). México: Thomson.
- BRAJA M., Das. (2012). Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. (7ma. ed.). México: Cengage Learning
- CAMPOS, Jorge y GUARDIA, Germán. (2005). Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos I CIV 219. (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.
- DIRECCIÓN REGIONAL SENAMHI, San Martín. (2014). Ficha de Información Meteorológica 2014 – Oficina de Estadística.
- DUQUE E., Gonzalo y ESCOBAR, Carlos Enrique. (2002). Origen, formación y constitución del suelo. Manizales, Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- HANSEN, J.A. (1970). Revised and Extended Formula for Bearing Capacity. Bulletin 28. Copenhagen, Dinamarca: Danish Geotechnical Institute.

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. (2006). Metodología de la Investigación. (4ta ed.). México: McGraw – Hill, cuarta edición.
- JUÁREZ B., Eulalio y RICO, R. Alfonso. (2010). Mecánica de Suelos: Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos. (3ra ed.). México: Limusa
- JUÁREZ B., Eulalio y RICO, R. Alfonso. (2011). Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos - Tomo II. (3ra ed.). México: Editorial Limusa.
- LAMBE, T. William y WHITMAN, Robert V. (1972). Mecánica de Suelos. México/Buenos Aires: Editorial Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID)
- LARA MONTANI, José Luis. (1991). Microzonificación Sísmica de las Ciudades de Moyobamba, Rioja y Soritor. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- MARTÍNEZ QUIROZ, Enrique Napoleón. (2009). Principios de Mecánica de Suelos. (Manual de Mecánica de Suelos I). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.
- MEYERHOF, G. (1963). Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations, Vol. 01, N° 01. Canada: Canadian Geotechnical Journal.
- MEYERHOF, G., y HANNA A. (1981). Experimental Evaluation of Bearing Capacity of Footings Subjected to Inclined Loads, Vol. 18, N° 04. Canada: Canadian Geotechnical Journal.
- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.050, Suelos y Cimentaciones. Perú: Diario Oficial "El Peruano".

- MUELAS RODRIGUEZ, Ángel. (2008). Manual de Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MARTÍN. (2011). Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tarapoto y los Núcleos Urbanos de Morales y la Banda de Shilcayo. Tarapoto, Perú.
- PROYECTO INDECI – PNUD PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES. (2005). Mapa de Peligros de las Ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo. Perú.
- TERZAGHI, Karl Von. (1943). Theoretical Soil Mechanics. Estados Unidos: Wiley
- TOMLINSON, M. J. (2002). Cimentaciones, Diseño y Construcción. (2da reimpresión). México: Trillas.
- VESIC, A. (1973). Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations, Vol. 99, N° SM1. United States: Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers.

LINKOGRAFÍA

- EN PERÚ. ORG, (<http://www.enperu.org/como-llegar-a-san-martin-vias-de-acceso-peru-sitios-turisticos-peru.html>), visita junio 2105.
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – INDECI, (<http://www.indeci.gob.pe/objetos/microsite/oq==/nzm=/fil20140926131431.pdf>), visita junio 2015.
- INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ – MINISTERIO DEL AMBIENTE, (http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Imágenes/Atlas/IGP/08_zonificacion_sismica.jpg), visita junio 2015.

- INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO – MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, (http://www.ingemmet.gob.pe/publicaciones/serie_a/mapas/14-k.htm), visita junio 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, (<http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>), visita junio 2015.
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO, (http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cortedirecto.pdf), visita junio 2015.
- SCRIB, “DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES EN EL SUBSUELO”, (<http://es.scribd.com/doc/56472455/DISTRIBUCION-DE-PRESIONES-EN-EL-SUBSUELO>), visita junio 2015.
- UNIVERSIDAD DE SONORA, RED INSTITUCIONAL BIBLIOTECARIA, (<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9120/capitulo1.pdf>), visita junio 2015.

VIII. ANEXOS

8.1 ANEXO N°01: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

8.1 ANEXO N°01.01:

ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 01

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN****LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20

lemonam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Región San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa

Prof. de la Muestra: _____

0,25 - 1,00 mHecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-01 M II

Fecha: _____

29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	72	3	17
PESO DE LATA grs	20,50	20,60	20,50
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,10	121,60	121,10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	112,10	112,50	112,00
PESO DEL AGUA grs	9,00	9,10	9,10
PESO DEL SUELO SECO grs	91,60	91,90	91,50
% DE HUMEDAD	9,83	9,90	9,95
PROMEDIO % DE HUMEDAD	9,89		

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSA - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
JEFE DE LABORATORIO



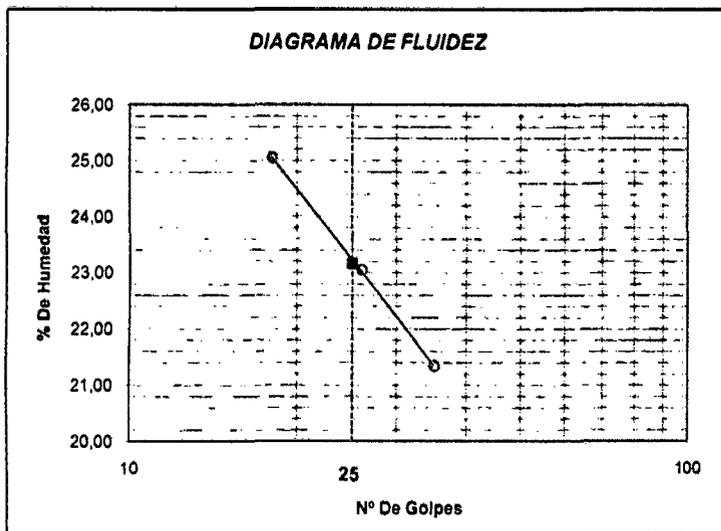
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821363-821384 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholla, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholla, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,25 -1,00 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramírez. Calicata: C-01 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	1	45	20
PESO DE LATA grs	10,60	10,82	10,76
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	46,90	47,56	47,22
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	39,63	40,68	40,81
PESO DEL AGUA grs	7,27	6,88	6,41
PESO DEL SUELO SECO grs	29,03	29,86	30,05
% DE HUMEDAD	25,04	23,04	21,33
NUMERO DE GOLPES	18	26	35



Índice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	23,15
Límite Plástico (%)	15,00
Índice de Plasticidad Ip (%)	8,15
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-4(0)
Índice de consistencia ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	4	5	6
PESO DE LATA grs	10,80	10,75	10,55
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	33,33	32,20	34,10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	30,39	29,40	31,03
PESO DEL AGUA grs	2,94	2,80	3,07
PESO DEL SUELO SECO grs	19,59	18,65	20,48
% DE HUMEDAD	15,01	15,01	14,99
% PROMEDIO		15,00	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo Nº	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 06 TELEFONO 021363-021364 ANEXO 20

laminam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhotta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperhotta, Dist Tarapoto, Prov San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: _____

Carcara: 0,25 - 1,00 m Fecha: C-Q1 M.II

Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

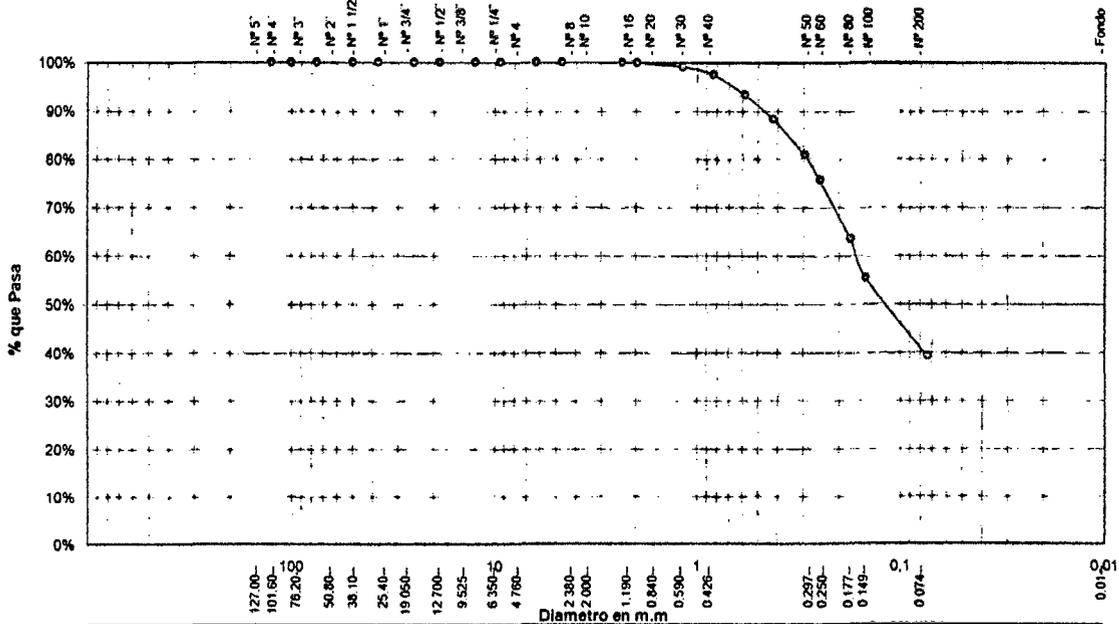
Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)					Modulo de Fineza AF:
5"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas gruesas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Arenas
1"	25,40					Arena arcillosa con matriz de arcilla color marrón oscuro
3/4"	19,050					SUCS = SC AASHTO = A-4(0)
1/2"	12,700					LL = 23,15 WT = 111,30
3/8"	9,525					LP = 15,00 WT+SAL = 411,30
1/4"	6,350					IP = 8,15 WSAL = 300,00
Nº 4	4,750			100,00%		IG = 0 WT+SDL = 293,97
Nº 8	2,380	0,25	0,08%	99,92%		WSDL = 182,67
Nº 10	2,000	0,23	0,08%	99,84%		%ARC. = 39,11
Nº 15	1,190	2,42	0,81%	99,03%		%MERR. = 0,00
Nº 20	0,840	4,82	1,61%	97,43%		Cc =
Nº 30	0,590	12,30	4,10%	93,33%		Cu =
Nº 40	0,428	15,08	5,03%	88,30%		
Nº 50	0,297	22,86	7,55%	80,75%		
Nº 60	0,250	15,84	5,28%	75,47%		
Nº 80	0,177	38,14	12,05%	63,42%		
Nº 100	0,149	24,21	8,07%	55,35%		
Nº 200	0,074	48,72	16,24%	39,11%		
Fondo	0,01	117,33	39,11%	0,00%		
TOTAL		300,00				

DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO
 El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactación media con finos de 39,11%, de plasticidad baja, LL = 23,15%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.
% de Humedad Natural de la muestra ensayada
 Número de tarro = 46 Peso del agua = 0
 Peso del tarro = 111,3 Peso suelo húmedo = 300
 Peso del tarro + Mh = 411,3 Peso suelo seco = 300
 Peso del tarro + Ms = 411,3 % Humedad Muestra = 0,00

Curva Granulométrica



Piedras mayores 3"	GRAVA		GRUESA	MEDIA		FINA		LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA		ARENA			LIMO		ARCILLA	
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO		ARCILLA	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO PRATEGLII ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP Nº 72103
JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN****LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

iamunam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 1,00 - 3,00 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-01 M III Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	8	25	31
PESO DE LATA grs	20,50	20,50	20,30
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,10	121,30	121,00
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	109,30	109,40	109,00
PESO DEL AGUA grs	11,80	11,90	12,00
PESO DEL SUELO SECO grs	88,80	88,90	88,70
% DE HUMEDAD	13,29	13,39	13,53
PROMEDIO % DE HUMEDAD	13,40		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNIM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PRATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12100
 JEFE DE LABORATORIO



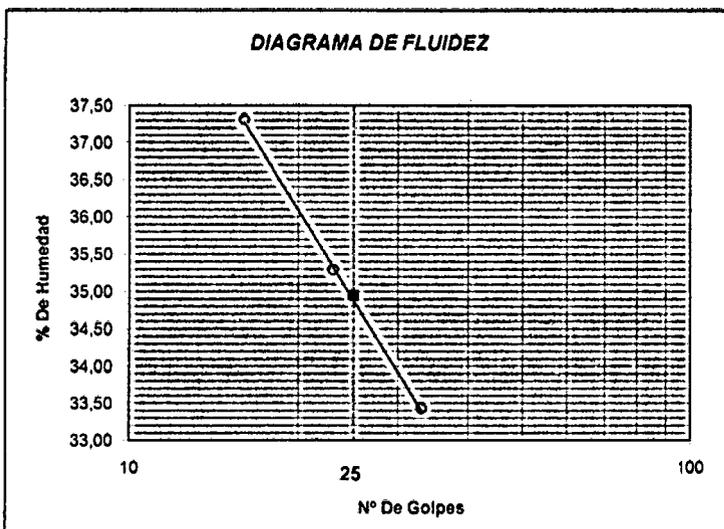
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,00 - 3,00 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: _____ Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	96	19	75
PESO DE LATA grs	10,71	10,90	10,72
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	46,23	46,86	46,35
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	36,58	37,48	37,43
PESO DEL AGUA grs	9,65	9,38	8,93
PESO DEL SUELO SECO grs	25,87	26,58	26,71
% DE HUMEDAD	37,30	35,29	33,42
NUMERO DE GOLPES	16	23	33



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	34,94
Límite Plástico (%)	17,85
Indice de Plasticidad Ip (%)	17,09
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	4	48	6
PESO DE LATA grs	10,60	10,90	10,48
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,80	29,19	33,11
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,44	26,42	29,68
PESO DEL AGUA grs	3,36	2,77	3,43
PESO DEL SUELO SECO grs	18,84	15,52	19,20
% DE HUMEDAD	17,83	17,85	17,86
% PROMEDIO		17,85	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



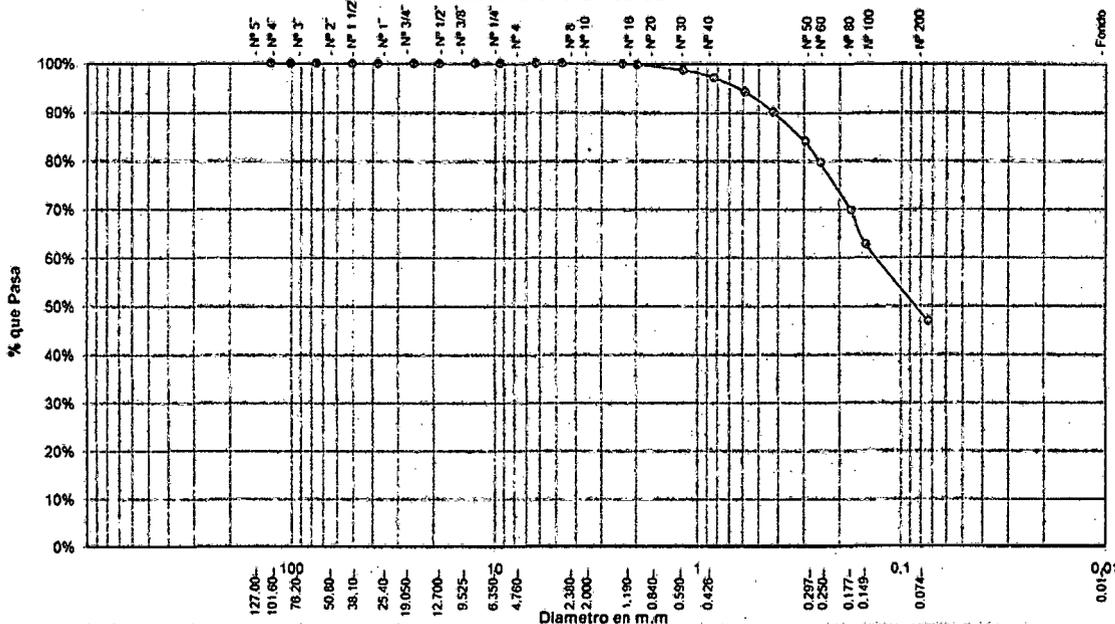
Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,00 - 3,00 m Cálculo: C-01 M III
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Poso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
5" 127,00						Modulo de Fineza AF:
4" 101,60						Modulo de Fineza AG:
3" 76,20						Equivalente de Arena:
2" 50,80						Descripción Muestra:
1 1/2" 38,10						Grupo suelos partículas gruesas
1" 25,40						Sub-Grupo : Arenas
3/4" 19,050						SC A
1/2" 12,700						Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
3/8" 9,525						SUCS =
1/4" 6,350						SC
Nº 4 4,750				100,00%		ASHTO =
Nº 8 2,380 0,42	0,14%	0,14%	99,86%			A-6(4)
Nº 10 2,000 0,31	0,10%	0,24%	99,76%			WT =
Nº 16 1,190 0,39	1,13%	1,37%	98,63%			WT+SAL =
Nº 20 0,840 0,48	1,48%	2,87%	97,13%			WSAL =
Nº 30 0,590 0,67	2,89%	5,76%	94,24%			WT+SDL =
Nº 40 0,426 12,61	4,20%	9,96%	90,04%			WSDL =
Nº 60 0,287 18,58	6,18%	16,15%	83,85%			%ARC. =
Nº 60 0,250 13,07	4,36%	20,51%	79,49%			%ERR. =
Nº 80 0,177 28,23	9,74%	30,25%	69,75%			Cc =
Nº 100 0,149 21,56	7,19%	37,44%	62,56%			Cu =
Nº 200 0,074 47,54	15,85%	53,29%	46,71%			
Fondo 0,01 140,14	46,71%	100,00%	0,00%			
TOTAL	300,00				A B	

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO			
El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 46,71% , de plasticidad media, LL = 34,94%, color amarillento, con matriz de arena fina e media con una resistencia al corte de regular buena.			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	52	Peso del agua	0
Peso del tarro =	80,8	Peso suelo húmedo	300
Peso del tarro + Mh =	390,9	Peso suelo seco	300
Peso del tarro + Ms =	390,9	% Humedad Muestra	0,00

Curva Granulometrica



Piedras mayores 3"	GRAVA	ARENAS	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA GRUESA	GRAVA FINA	ARENAS GRUESA	ARENAS FINA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA FINA	ARENAS GRUESA	ARENAS FINA



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21

TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACION : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 10:20 AM

CALICATA: C-01 M III
Muestra: M III

Profundidad: 1.00 - 3.00 m
Estado: INALTERADO

Velocidad: 0.5 mm/mm
Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,61 gr/cm³
Humedad: 12,81 %
Esf. Normal: 0,56 kg/cm²
Esf. Corte: 0,35 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,61 gr/cm³
Humedad: 12,80 %
Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,57 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,61 gr/cm³
Humedad: 12,81 %
Esf. Normal: 1,67 kg/cm²
Esf. Corte: 0,79 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,10	0,17
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,17	0,30
0,30	0,18	0,33
0,45	0,22	0,39
0,60	0,24	0,42
0,75	0,25	0,44
0,90	0,26	0,45
1,05	0,26	0,47
1,20	0,27	0,48
1,50	0,28	0,48
1,80	0,29	0,51
2,10	0,31	0,53
2,40	0,32	0,55
2,70	0,32	0,55
3,00	0,32	0,55
3,60	0,32	0,55
4,20	0,32	0,53
4,80	0,33	0,55
5,40	0,34	0,56
6,00	0,35	0,56

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,11
0,06	0,15	0,13
0,12	0,18	0,16
0,18	0,22	0,20
0,30	0,25	0,23
0,45	0,29	0,26
0,60	0,31	0,28
0,75	0,35	0,31
0,90	0,38	0,33
1,05	0,40	0,35
1,20	0,42	0,37
1,50	0,43	0,38
1,80	0,46	0,40
2,10	0,48	0,42
2,40	0,49	0,43
2,70	0,51	0,43
3,00	0,51	0,44
3,60	0,52	0,44
4,20	0,53	0,44
4,80	0,54	0,45
5,40	0,56	0,46
6,00	0,57	0,46

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,14	0,08
0,06	0,18	0,11
0,12	0,22	0,13
0,18	0,27	0,16
0,30	0,32	0,19
0,45	0,36	0,21
0,60	0,39	0,23
0,75	0,45	0,27
0,90	0,50	0,30
1,05	0,54	0,32
1,20	0,56	0,33
1,50	0,59	0,35
1,80	0,62	0,36
2,10	0,65	0,36
2,40	0,67	0,39
2,70	0,69	0,40
3,00	0,71	0,40
3,60	0,72	0,41
4,20	0,74	0,41
4,80	0,76	0,42
5,40	0,78	0,42
6,00	0,79	0,43

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



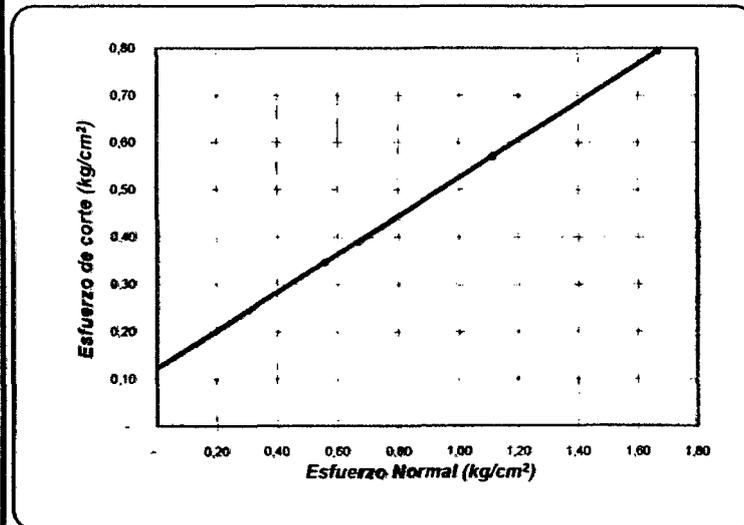
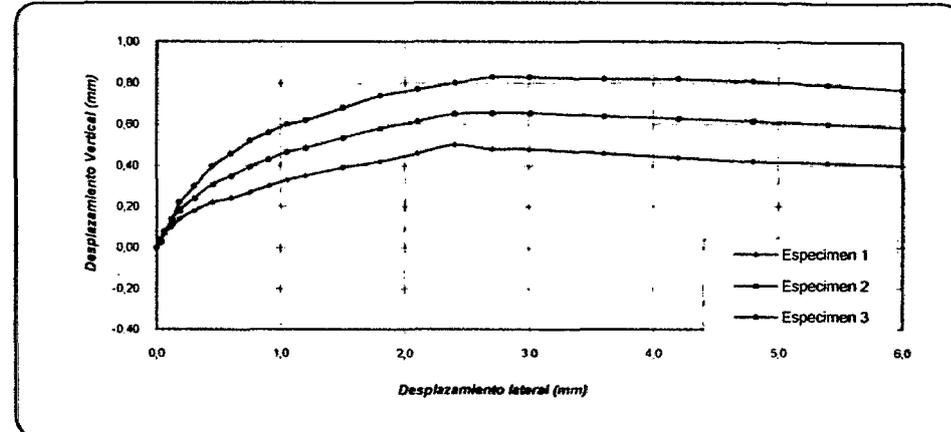
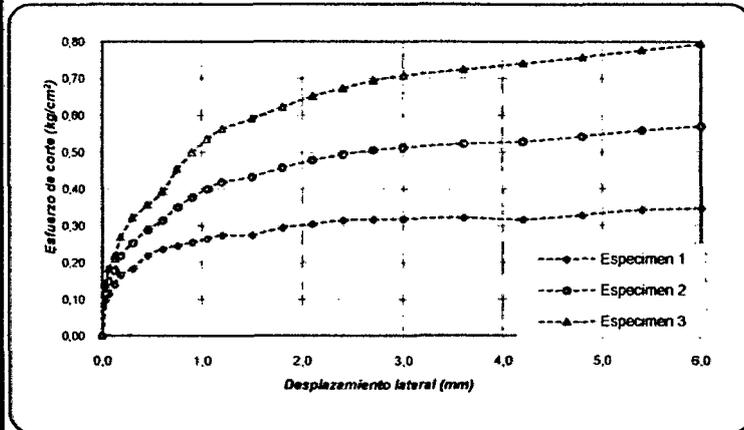
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA : C -01 M III
Muestra : M III

Profundidad : 1.00 - 3.00 m
Estado : INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,35	0,57	0,79

Resultados:

Cohesión (c): 0,13 kg/cm²
Ang. Fricción (φ): 22 °



IVAN GUSTAVO REATFGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM-T

CALICATA Nº 02

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

temunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,25 -0,90 m
 Hecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-02 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	19	45	35
PESO DE LATA grs	20,40	20,60	20,60
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,60	121,60	121,50
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	112,30	112,40	112,30
PESO DEL AGUA grs	9,30	9,20	9,20
PESO DEL SUELO SECO grs	91,80	91,80	91,70
% DE HUMEDAD	10,12	10,02	10,03
PROMEDIO % DE HUMEDAD	10,06		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PRATEGUI ACEO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12100
JEFE DE LABORATORIO



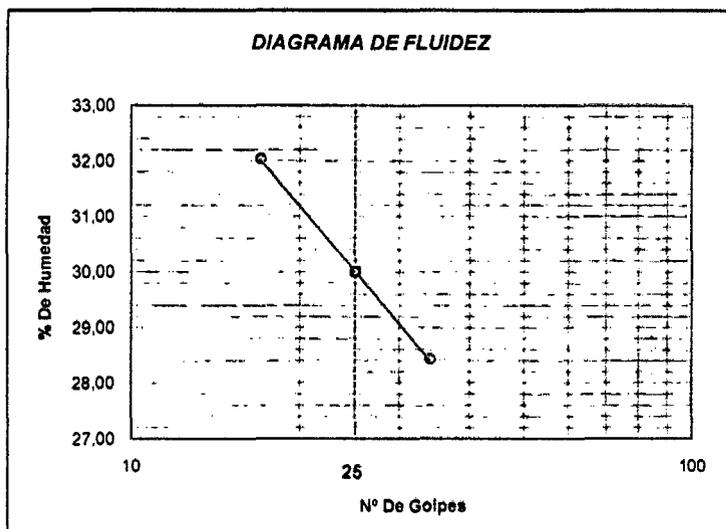
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521384 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,25 -0,90 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramírez. Calicata: C-02 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	12	39	42
PESO DE LATA grs	10,58	10,80	10,53
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,52	43,91	42,21
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	35,53	36,27	35,20
PESO DEL AGUA grs	7,99	7,64	7,01
PESO DEL SUELO SECO grs	24,95	25,47	24,67
% DE HUMEDAD	32,02	30,00	28,42
NUMERO DE GOLPES	17	25	34



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	30,01
Límite Plástico (%)	15,14
Indice de Plasticidad Ip (%)	14,87
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-8(3)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	2	32	52
PESO DE LATA grs	10,66	10,67	10,75
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,88	29,30	33,33
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,96	26,85	30,36
PESO DEL AGUA grs	2,92	2,45	2,97
PESO DEL SUELO SECO grs	19,30	16,18	19,61
% DE HUMEDAD	15,13	15,14	15,15
% PROMEDIO		15,14	

LÍMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521384 ANEXO 20
 jemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

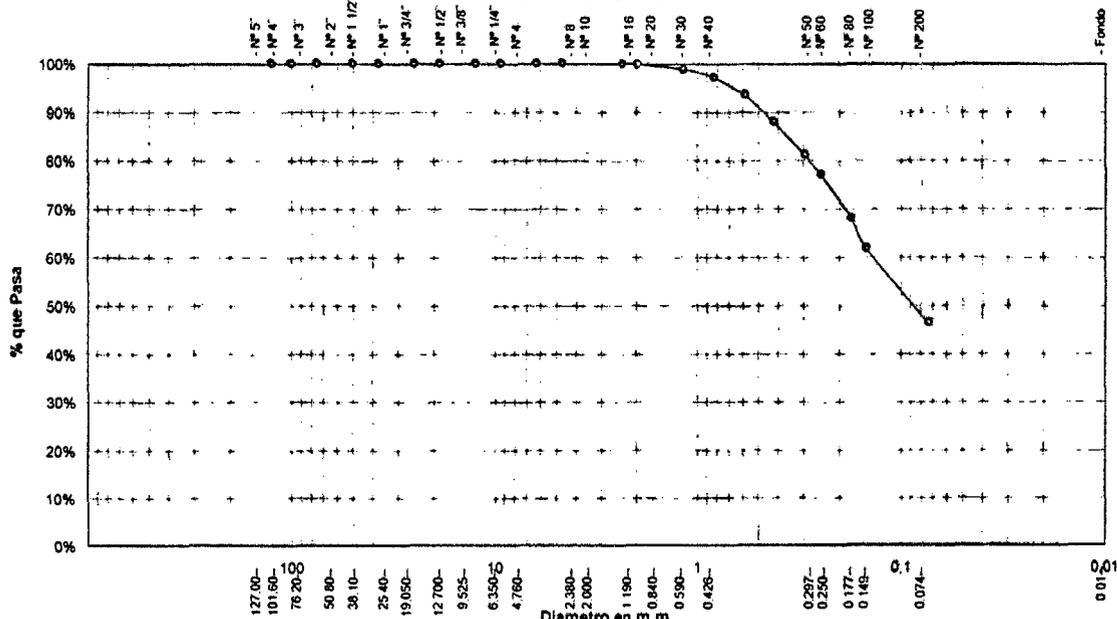
Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholla, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholla, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,25 - 0,90 m Calicatas: C-02 M II
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
6"	127,00					Modulo de Fineza AF:
4"	101,60					Modulo de Fineza AG:
3"	76,20					Equivalente de Arena:
2"	60,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	36,10					Grupo suelos partículas gruesas
1"	26,40					Sub-Grupo: Arenas
3/4"	19,050					Arena arcillosa con matriz de arcilla color marrón oscuro
1/2"	12,700					SUCS =
3/8"	9,525					SC
1/4"	6,350					AASHTO =
Nº 4	4,760			100,00%		A-6(3)
Nº 8	2,380	0,36	0,12%	99,88%		LL = 30,01
Nº 10	2,000	0,45	0,15%	99,73%		WT = 107,10
Nº 18	1,190	2,90	0,07%	98,78%		LP = 15,14
Nº 20	0,840	5,10	1,70%	97,06%		IP = 14,87
Nº 30	0,590	10,66	3,55%	93,51%		IG = 3
Nº 40	0,428	16,42	5,47%	88,04%		D 90 =
Nº 60	0,297	21,03	7,01%	81,03%		D 60 =
Nº 80	0,250	12,06	4,02%	77,01%		D 30 =
Nº 100	0,149	18,57	6,19%	61,83%		D 10 =
Nº 200	0,074	46,36	15,45%	46,38%		
Fondo	0,01	139,14	46,36%	0,00%		
TOTAL	300,00				A B	

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO			
El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad baja con finos de 46,38% , de plasticidad media. LL = 30,01%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	36	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	107,1	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	407,1	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	407,1	% Humedad Muestra =	0,00

Curva Granulometrica



	GRAVA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	FINA	LIMO	ARCILLA
Piedras mayores 3"								
Clasificación - ASTM								
Clasificación - AASHTO								



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 121103
 JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERBITARIO JR ORELLANA CUADRA 06 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa

Prof. de la Muestra: _____

0,90 -3,00 mHecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-02 M III

Fecha: _____

29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	12	36	49
PESO DE LATA grs	20,50	20,60	20,60
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,10	121,00	121,10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	109,90	109,85	109,90
PESO DEL AGUA grs	11,20	11,15	11,20
PESO DEL SUELO SECO grs	89,40	89,25	89,30
% DE HUMEDAD	12,53	12,49	12,54
PROMEDIO % DE HUMEDAD	12,52		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12103
JEFE DE LABORATORIO



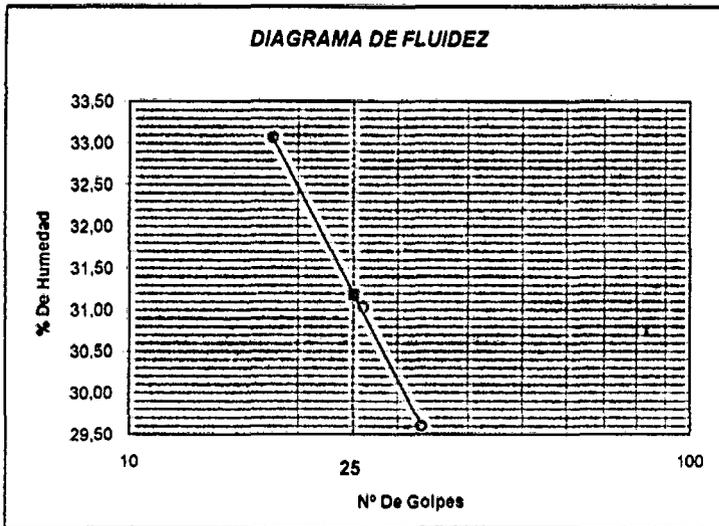
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521563-521564 ANEXO 20
lamunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,90 -3,00 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-02 M.III Fecha: 28/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	10	66	38
PESO DE LATA grs	10,65	10,93	10,74
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	42,85	43,28	42,18
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34,85	35,62	35,00
PESO DEL AGUA grs	8,00	7,66	7,18
PESO DEL SUELO SECO grs	24,20	24,69	24,26
% DE HUMEDAD	33,06	31,02	29,90
NUMERO DE GOLPES	18	26	33



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	31,18
Límite Plástico (%)	16,20
Indice de Plasticidad Ip (%)	14,98
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	12	18	20
PESO DE LATA grs	10,82	10,82	10,77
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,90	28,68	30,85
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,82	26,19	28,05
PESO DEL AGUA grs	3,08	2,49	2,80
PESO DEL SUELO SECO grs	19,00	15,37	17,28
% DE HUMEDAD	16,21	16,20	16,20
% PROMEDIO		16,20	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
EFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
 lamunam2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholla, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholla, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje:

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa

Profundidad de la Muestra:

0,90 -3,00 m

Calicata:

C-02 M.III

Hecho Por:

Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Fecha:

29/08/2014

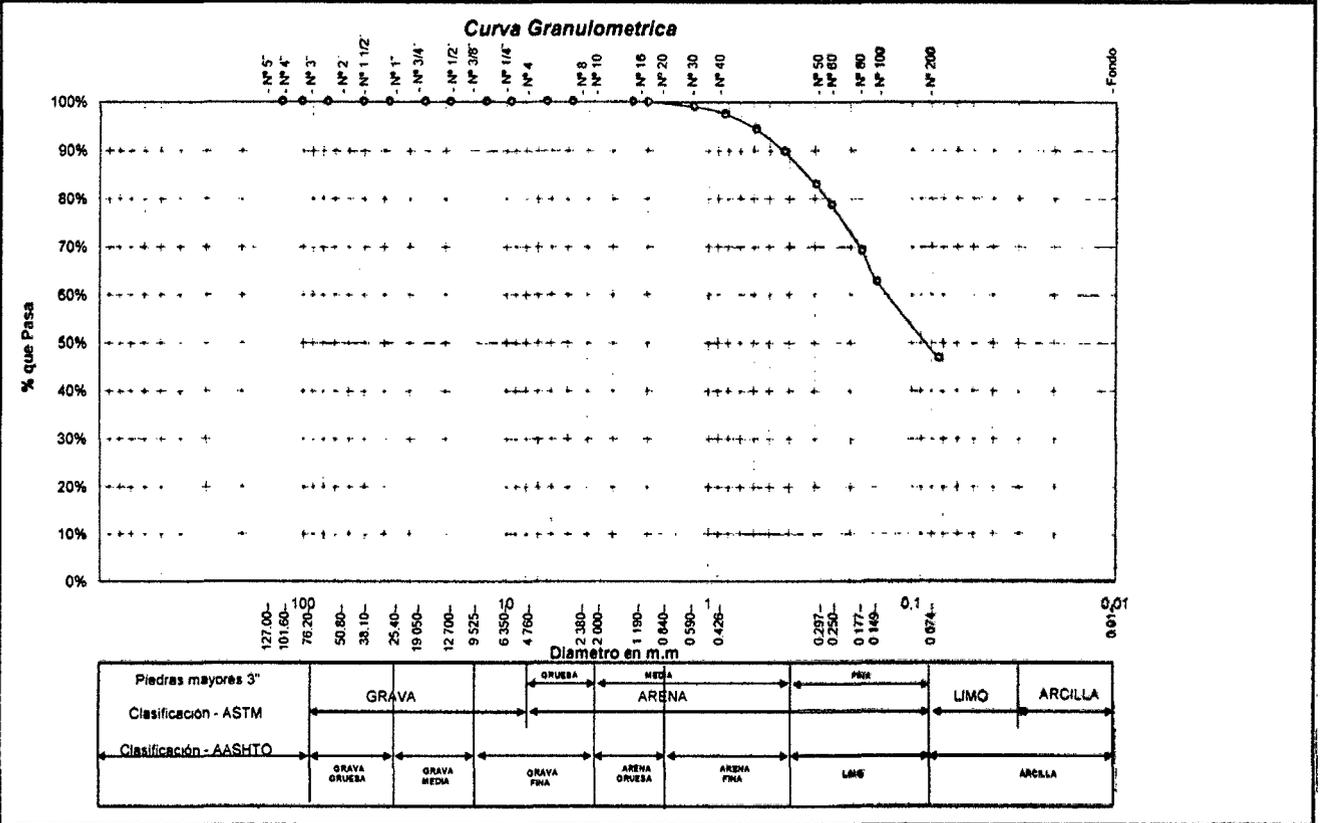
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo
Ø	(mm)					
5"	127,00					Modulo de Finezza AF
4"	101,60					Modulo de Finezza AG
3"	76,20					Equivalente de Arena
2"	50,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	38,10					Grupo suelos particulas gruesas
1"	25,40					Sub-Grupo: Arenas
3/4"	19,050					Arena arcillosa con matas de arcilla color amarillento
1/2"	12,700					SC A
3/8"	9,525					SC
1/4"	6,350					AASHTO =
Nº 4	4,760			100,00%		WT =
Nº 8	2,380	0,23	0,08%	99,92%		WT+SAL =
Nº 10	2,000	0,24	0,08%	99,84%		WSAL =
Nº 16	1,190	2,80	0,97%	98,88%		WT+SDL =
Nº 20	0,840	4,36	1,45%	97,42%		WSOL =
Nº 30	0,590	9,25	3,08%	94,34%		%ARC =
Nº 40	0,426	14,17	4,72%	89,62%		%ERR =
Nº 50	0,297	20,81	6,87%	82,75%		Cc =
Nº 60	0,250	12,65	4,22%	78,53%		Cu =
Nº 80	0,177	28,18	9,39%	69,14%		
Nº 100	0,149	19,39	6,46%	62,67%		
Nº 200	0,074	47,96	15,69%	46,69%		
Fondo	0,01	140,06	46,69%	0,00%		
TOTAL		300,00			A B	

SC	WT	A-6(3)
31,18	80,60	
16,20	380,60	
14,98	300,00	
3	240,54	
	159,94	
	46,69	
	0,00	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO
 El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad alta con finos de 46,69%, de plasticidad media, LL = 31,18%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.
 % de Humedad Natural de la muestra ensayada

Numero de tarro =	74	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	80,5	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	380,6	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	380,6	% Humedad Muera =	0,00



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 (NSI) - TARAPOTO
 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T	DESCRIPCION DEL SUELO: ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN	ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACION : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN	DISPOSITIVO UTILIZADO : ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014	HORA DE ENSAYO 11:30 AM

CALICATA: C-02 M III

Profundidad : 0.90 - 3.00 m

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M III

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

ESPECIMEN 2

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado : 60,00 mm
D. Seca: 1,89 gr/cm³
Humedad: 6,96 %
Esf. Normal : 0,56 kg/cm²
Esf. Corte: 0,33 kg/cm²

Altura: 20,00 mm
Lado : 60,00 mm
D. Seca: 1,89 gr/cm³
Humedad: 6,96 %
Esf. Normal : 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,51 kg/cm²

Altura: 20,00 mm
Lado : 60,00 mm
D. Seca: 1,89 gr/cm³
Humedad: 6,96 %
Esf. Normal : 1,67 kg/cm²
Esf. Corte: 0,69 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,10	0,17
0,06	0,12	0,22
0,12	0,14	0,25
0,18	0,16	0,28
0,30	0,18	0,33
0,45	0,20	0,36
0,60	0,23	0,40
0,75	0,24	0,42
0,90	0,25	0,44
1,05	0,25	0,45
1,20	0,26	0,47
1,50	0,27	0,48
1,80	0,28	0,50
2,10	0,29	0,51
2,40	0,31	0,53
2,70	0,32	0,54
3,00	0,33	0,56
3,60	0,33	0,56
4,20	0,33	0,56
4,80	0,33	0,54
5,40	0,33	0,54
6,00	0,33	0,53

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,10
0,06	0,16	0,14
0,12	0,18	0,16
0,18	0,21	0,19
0,30	0,24	0,22
0,45	0,27	0,24
0,60	0,30	0,27
0,75	0,32	0,28
0,90	0,34	0,31
1,05	0,36	0,32
1,20	0,38	0,33
1,50	0,39	0,34
1,80	0,41	0,36
2,10	0,42	0,36
2,40	0,43	0,37
2,70	0,44	0,38
3,00	0,45	0,39
3,60	0,49	0,41
4,20	0,49	0,41
4,80	0,49	0,41
5,40	0,50	0,41
6,00	0,51	0,41

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,07
0,06	0,19	0,11
0,12	0,23	0,13
0,18	0,27	0,16
0,30	0,30	0,18
0,45	0,34	0,20
0,60	0,36	0,23
0,75	0,40	0,24
0,90	0,44	0,26
1,05	0,47	0,28
1,20	0,49	0,29
1,50	0,51	0,30
1,80	0,54	0,31
2,10	0,54	0,31
2,40	0,55	0,32
2,70	0,57	0,32
3,00	0,58	0,33
3,60	0,65	0,36
4,20	0,65	0,36
4,80	0,66	0,36
5,40	0,68	0,37
6,00	0,69	0,37

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Rfategui Acedo

IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



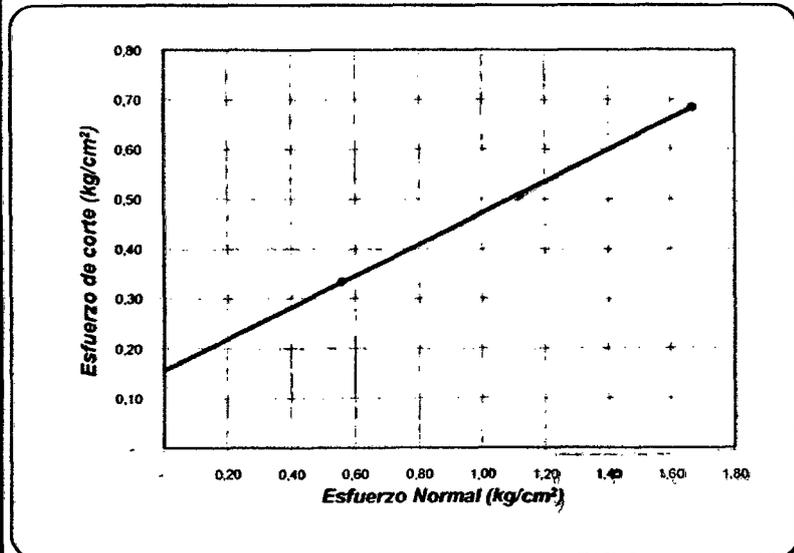
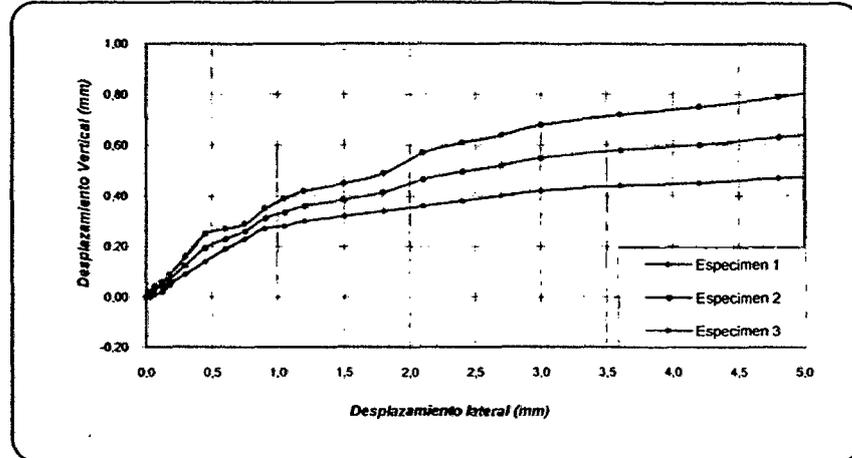
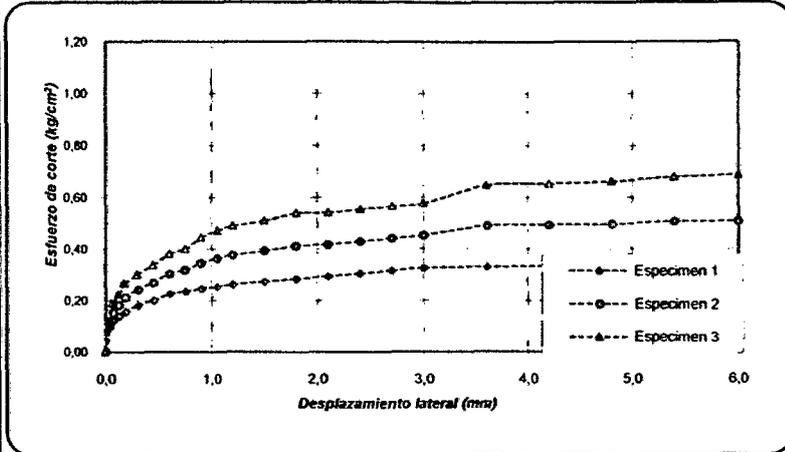
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje : C-02 M III

Profundidad : 0.90 - 3.00 m

Muestra : M III

Estado : INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo de Corte	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo Normal	0,33	0,51	0,69

Resultados:

Cohesión (c): 0,17 kg/cm²
Ang. Fricción (φ): 18 °



IVAN GUSTAVO RFAATFGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 03

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media

Prof. de la Muestra: _____

1,00 -1,30 mHecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-03 M II

Fecha: _____

29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	16	33	76
PESO DE LATA grs	20,60	20,50	20,50
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,30	121,10	121,20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	109,10	108,90	109,00
PESO DEL AGUA grs	12,20	12,20	12,20
PESO DEL SUELO SECO grs	88,50	88,40	88,50
% DE HUMEDAD	13,79	13,80	13,79
PROMEDIO % DE HUMEDAD	13,79		

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO MATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12103
JEFE DE LABORATORIO



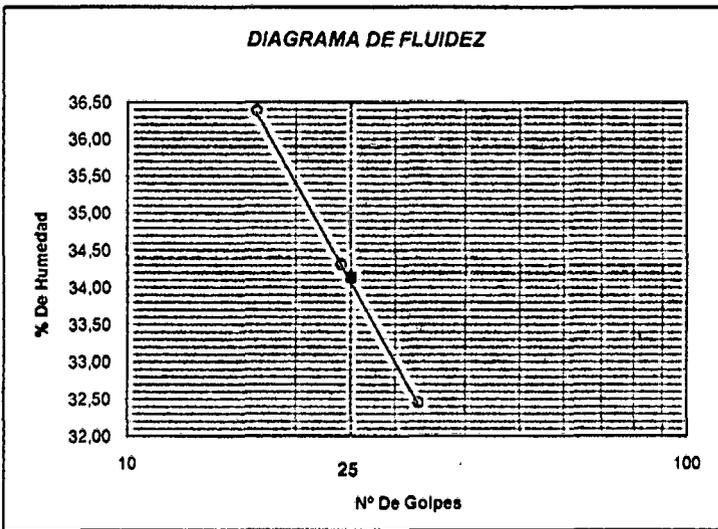
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 06 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
 lemuns2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media Profundidad de la Muestra: 1,00 - 1,30 m
 Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-03 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	49	24	25
PESO DE LATA grs	10,72	10,88	10,75
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,56	43,22	43,12
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34,80	34,96	35,19
PESO DEL AGUA grs	8,76	8,26	7,93
PESO DEL SUELO SECO grs	24,08	24,08	24,44
% DE HUMEDAD	36,38	34,30	32,45
NUMERO DE GOLPES	17	24	33



Índice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	34,14
Límite Plástico (%)	17,28
Índice de Plasticidad Ip (%)	16,86
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(5)
Índice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	62	60	65
PESO DE LATA grs	10,86	10,89	10,74
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	36,20	38,58	34,14
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	32,47	34,50	30,69
PESO DEL AGUA grs	3,73	4,08	3,45
PESO DEL SUELO SECO grs	21,61	23,61	19,95
% DE HUMEDAD	17,26	17,28	17,29
% PROMEDIO		17,28	

LÍMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
 JEFE DE LABORATORIO



Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhota, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperhota, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media Profundidad de la Muestra: _____

1,00 - 1,30 m

Calicata: _____

C-03 M II

Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez.

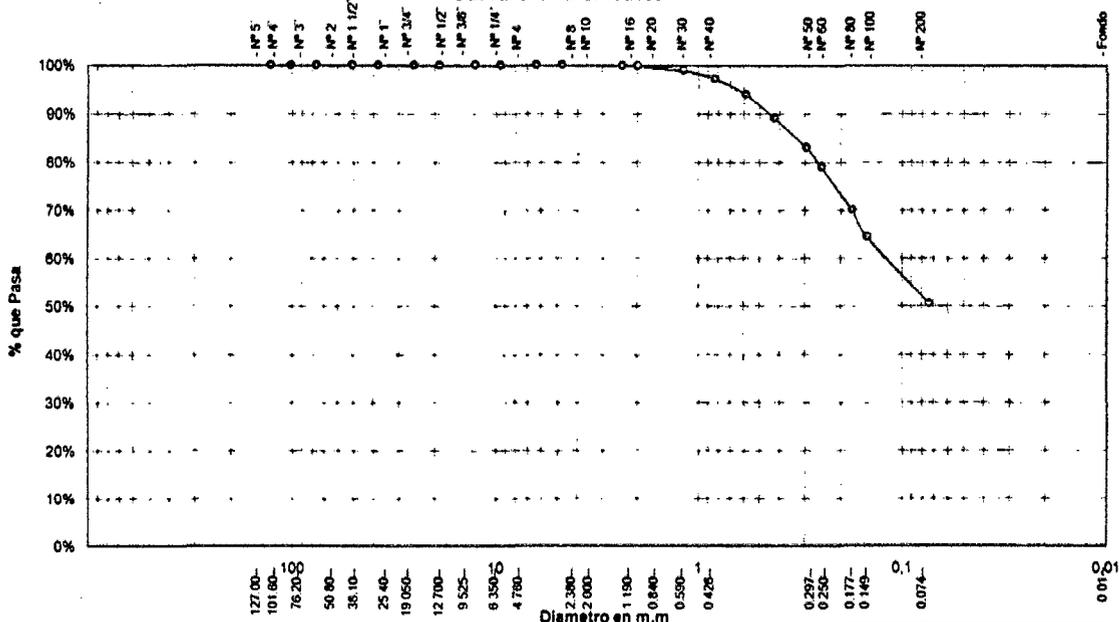
Fecha: _____

29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF
5"	127,00					Modulo de Fineza AG
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas finas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-6(5)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color amarillento con trazas de arc. marron gris
3/4"	19,050					SUCS = CL AASHTO = A-6(5)
1/2"	12,700					LL = 34,14 WT = 86,70
3/8"	9,525					LP = 17,28 WT+SAL = 386,70
1/4"	6,350					IP = 16,86 WSAL = 300,00
Nº 4	4,760			100,00%		IG = 5 WT+SDL = 235,22
Nº 8	2,380	0,45	0,15%	99,85%		WSDL = 148,52
Nº 10	2,000	0,18	0,06%	99,79%		D 90 = %ARC. = 50,49
Nº 16	1,190	2,76	0,92%	98,87%		D 60 = %ERR. = 0,00
Nº 20	0,840	5,00	1,67%	97,20%		D 30 = Cc =
Nº 30	0,590	9,58	3,19%	94,01%		D 10 = Cu =
Nº 40	0,426	14,67	4,89%	89,12%		DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
Nº 60	0,297	18,34	6,11%	83,01%		Suelo arcilloso inorganico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura
Nº 80	0,250	12,20	4,07%	78,94%		resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con finos en un 50,49%
Nº 100	0,177	26,80	8,93%	70,01%		con LL = 34,14%, con resistencia al corte regular en estado saturado, con arena en un 49,51%
Nº 200	0,074	41,41	13,80%	56,21%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
Fondo	0,01	151,48	50,49%	0,00%		Número de tarro = 47
TOTAL	300,00					Peso del agua = 0
						Peso del tarro = 86,7
						Peso suelo húmedo = 300
						Peso del tarro + Mh = 386,7
						Peso suelo seco = 300
						Peso del tarro + Ms = 386,7
						% Humedad Muestr. = 0,00

Curva Granulometrica



Diametro en m.m		GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
Piedras mayores 3"				GRUESA	MEDIA	FINA		
Clasificación - ASTM								
Clasificación - AASHTO		GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 U.N.S.M. - TARAPOTO

 IVAN GUSTAVO PEATREGUIACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
 JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821363-821364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena ArcillosaProf. de la Muestra: 1,30 - 3,00 mHecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-03 M III

Fecha: 29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural**

ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	9	56	18
PESO DE LATA grs	20,60	20,60	20,30
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,10	121,30	121,30
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	109,30	109,50	109,40
PESO DEL AGUA grs	11,80	11,80	11,90
PESO DEL SUELO SECO grs	88,70	88,90	88,10
% DE HUMEDAD	13,30	13,27	13,36
PROMEDIO % DE HUMEDAD	13,31		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos

ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico

ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNAM - TARAPOTO

.....
 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



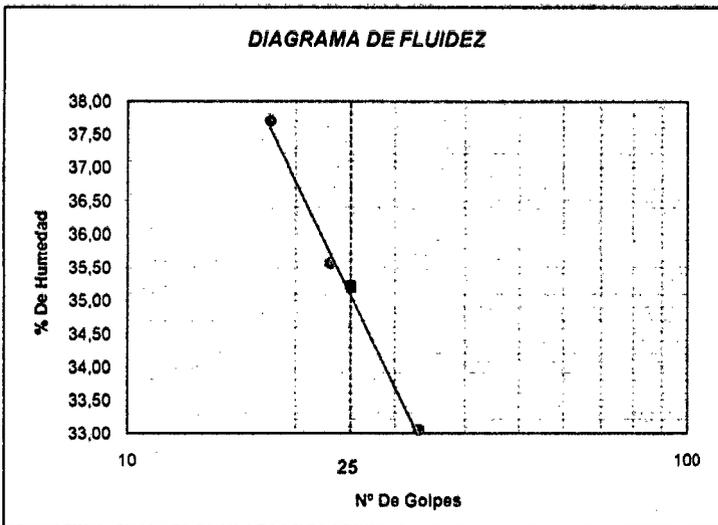
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521353-521364 ANEXO 20
 lamunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,30 -3,00 m
 Hecho Por: Bach. Helyen del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-03 M III Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	87	35	78
PESO DE LATA grs	10,68	10,84	10,72
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	42,20	41,80	41,52
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	33,57	33,68	33,67
PESO DEL AGUA grs	8,63	8,12	7,65
PESO DEL SUELO SECO grs	22,89	22,84	23,15
% DE HUMEDAD	37,70	35,55	33,05
NUMERO DE GOLPES	18	23	33



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	35,20
Límite Plástico (%)	17,71
Indice de Plasticidad Ip (%)	17,49
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	56	58	59
PESO DE LATA grs	10,66	10,82	10,54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	33,59	29,04	31,80
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	30,14	26,30	28,60
PESO DEL AGUA grs	3,45	2,74	3,20
PESO DEL SUELO SECO grs	19,48	15,48	18,06
% DE HUMEDAD	17,71	17,70	17,72
% PROMEDIO		17,71	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 14110
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521384 ANEXO 20
 tarapoto2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

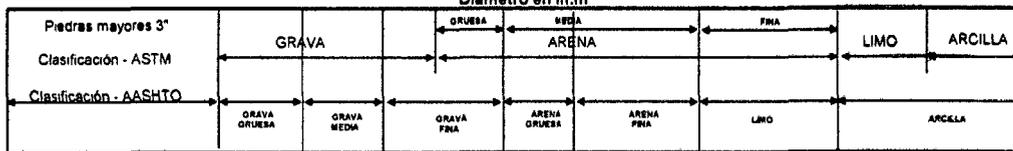
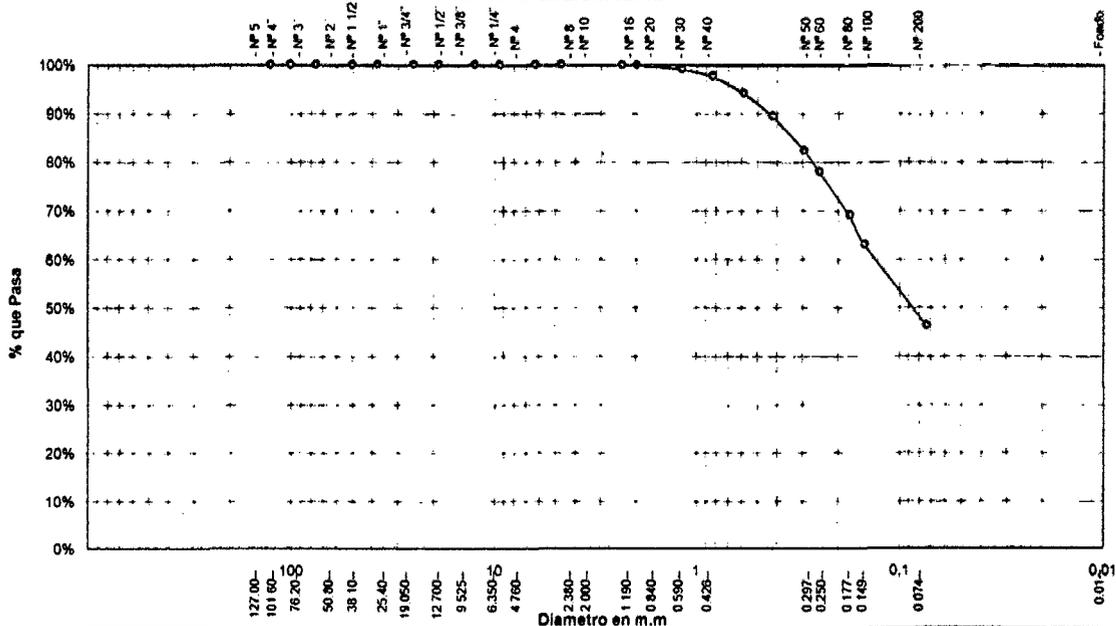
Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,30 -3,00 m Calicata: C-03 M III
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:	Modulo de Fineza AF:	Modulo de Fineza AG:	Equivalente de Arena:	Descripción Muestra:	Sub-Grupo: Arenas	SC A	
Ø	(mm)									Grupo suelos partículas gruesas	Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento		
8"	127,00									SUCS =	SC	AASHTO =	A-6(4)
4"	101,60									LL =	35,20	WT =	87,40
3"	76,20									LP =	17,71	WT+SAL =	387,40
2"	50,80									IP =	17,49	WSAL =	300,00
1 1/2"	38,10									IG =	4	WT+SDL =	248,83
1"	25,40									D	90=	W6DL =	181,23
3/4"	19,050	0,14	0,05%	0,05%	100,00%					D	60=	%ARC =	48,28
1/2"	12,700	0,17	0,06%	0,10%	99,95%					D	30=	%ERR =	0,00
3/8"	9,525	2,35	0,78%	0,89%	99,11%					D	10=	Cc =	
1/4"	6,350	4,51	1,50%	2,39%	97,81%					D	10=	Cu =	
Nº 4	4,760	10,23	3,41%	5,80%	94,20%					DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO			
Nº 8	2,360	14,38	4,79%	10,59%	89,41%					El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 46,26% , de plasticidad media, LL = 35,20%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena			
Nº 10	2,000	21,02	7,01%	17,60%	82,40%					% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Nº 16	1,190	26,87	8,99%	30,98%	69,02%					Numero de tarro =	1	Peso del agua =	0
Nº 20	0,840	18,01	6,00%	36,88%	63,02%					Peso del tarro =	87,4	Peso suelo humedo =	300
Nº 30	0,590	50,29	18,78%	53,74%	46,28%					Peso del tarro + Mh =	387,4	Peso suelo seco =	300
Nº 40	0,426	138,77	48,28%	100,00%	0,00%					Peso del tarro + Ms =	387,4	% Humedad Muestra =	0,00
Fondo	0,01												
TOTAL	300,00					A	B						

Curva Granulometrica



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UN - SAN MARTIN - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GONZALEZ MEGUIACEDO
 INGENIERO CIVIL (IP N° 12165)
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21
 TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 12:10 AM

CALICATA: C-03 M III **Profundidad :** 1.30 - 3.00 m **Velocidad :** 0.5 mm/min
 Muestra : M-III **Estado :** INALTERADO **Clasificación SUCS:** SC

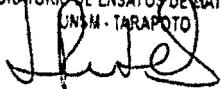
ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura:	20,00 mm		Altura:	20,00 mm		Altura:	20,00 mm	
Lado :	60,00 mm		Lado :	60,00 mm		Lado :	60,00 mm	
D. Seca:	1,51 gr/cm ³		D. Seca:	1,49 gr/cm ³		D. Seca:	1,48 gr/cm ³	
Humedad:	14,29 %		Humedad:	14,28 %		Humedad:	14,29 %	
Esf. Normal :	0,56 kg/cm ²		Esf. Normal :	1,11 kg/cm ²		Esf. Normal :	1,67 kg/cm ²	
Esf. Corte:	0,36 kg/cm ²		Esf. Corte:	0,60 kg/cm ²		Esf. Corte:	0,85 kg/cm ²	

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,19
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,15	0,27
0,30	0,17	0,30
0,45	0,20	0,36
0,60	0,24	0,42
0,75	0,25	0,44
0,90	0,26	0,47
1,05	0,28	0,50
1,20	0,29	0,51
1,50	0,30	0,53
1,80	0,31	0,55
2,10	0,31	0,55
2,40	0,32	0,56
2,70	0,33	0,56
3,00	0,33	0,56
3,60	0,34	0,58
4,20	0,35	0,59
4,80	0,36	0,59
5,40	0,36	0,59
6,00	0,36	0,58

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,11
0,06	0,13	0,12
0,12	0,17	0,15
0,18	0,18	0,16
0,30	0,23	0,20
0,45	0,28	0,25
0,60	0,33	0,29
0,75	0,35	0,31
0,90	0,38	0,33
1,05	0,41	0,36
1,20	0,44	0,38
1,50	0,46	0,40
1,80	0,47	0,41
2,10	0,50	0,43
2,40	0,52	0,45
2,70	0,53	0,46
3,00	0,54	0,47
3,60	0,57	0,49
4,20	0,59	0,49
4,80	0,60	0,50
5,40	0,60	0,49
6,00	0,59	0,48

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,13	0,08
0,06	0,15	0,09
0,12	0,19	0,11
0,18	0,22	0,13
0,30	0,29	0,17
0,45	0,37	0,22
0,60	0,42	0,25
0,75	0,45	0,27
0,90	0,49	0,29
1,05	0,54	0,32
1,20	0,58	0,34
1,50	0,62	0,36
1,80	0,63	0,37
2,10	0,69	0,40
2,40	0,72	0,41
2,70	0,74	0,42
3,00	0,76	0,43
3,60	0,81	0,45
4,20	0,82	0,46
4,80	0,85	0,47
5,40	0,84	0,46
6,00	0,83	0,45

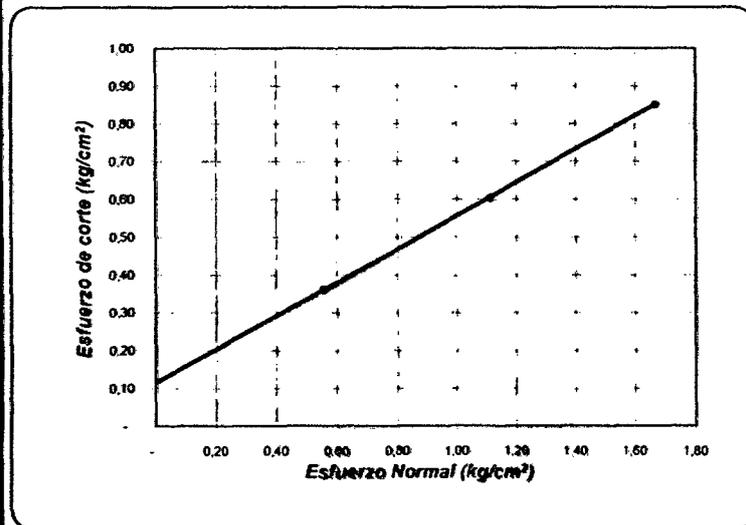
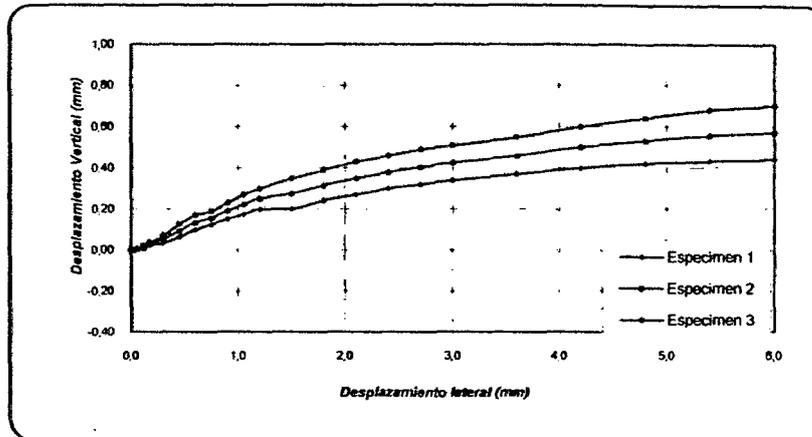
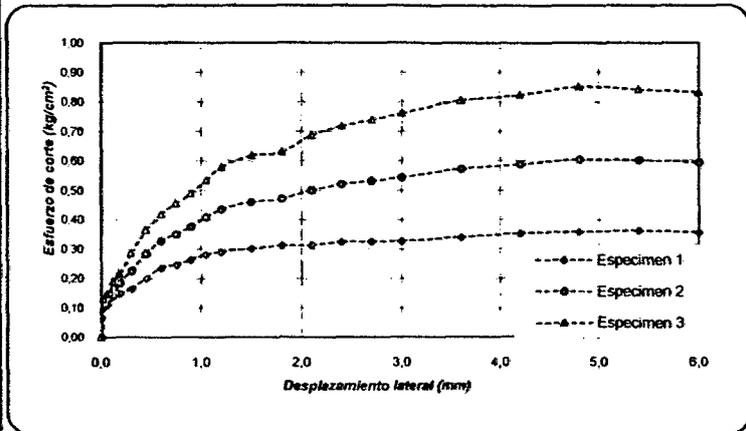
OBSERVACIONES:


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UN.S.M. - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje : C-03 M III
 Muestra : M-III

Profundidad : 1.30 - 3.00 m
 Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,36	0,60	0,85

Resultados:

Cohesión (c):	0,11 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	24 °



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UMSM TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PEATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNASM-E

CALICATA Nº 04

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN****LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad MediaProf. de la Muestra: 0,20 - 0,80 mHecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-04 M II Fecha: 29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	43	74	75
PESO DE LATA grs	20,50	20,50	20,60
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,80	121,80	121,80
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	107,70	107,70	107,75
PESO DEL AGUA grs	14,10	14,10	14,05
PESO DEL SUELO SECO grs	87,20	87,20	87,15
% DE HUMEDAD	16,17	16,17	16,12
PROMEDIO % DE HUMEDAD	16,16		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL, CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



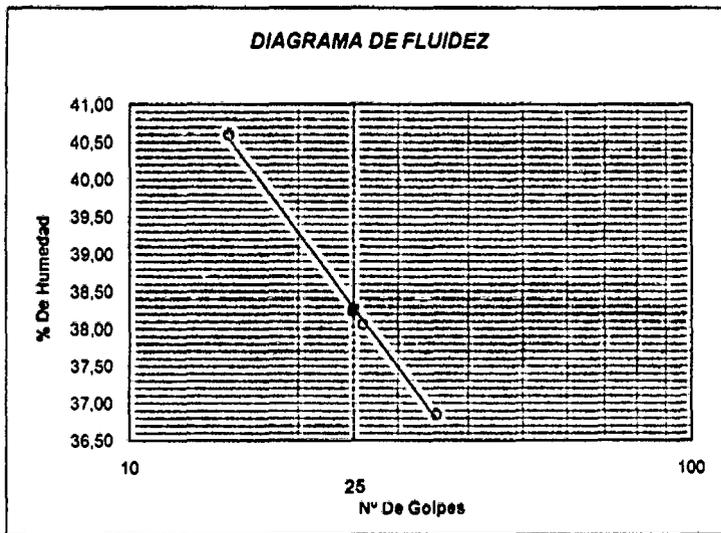
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 06 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
 lemuns2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media Profundidad de la Muestra: 0,20 - 0,80 m
 Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Caliceta: _____ Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	92	33	21
PESO DE LATA grs	10,68	10,69	10,77
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	42,65	42,11	42,23
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	33,42	33,45	33,76
PESO DEL AGUA grs	9,23	8,66	8,47
PESO DEL SUELO SECO grs	22,74	22,76	22,99
% DE HUMEDAD	40,59	38,05	36,84
NUMERO DE GOLPES	15	26	35



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	38,24
Límite Plástico (%)	19,39
Indice de Plasticidad Ip (%)	18,85
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	22	2	26
PESO DE LATA grs	10,64	10,58	10,88
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,50	29,35	33,72
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	28,95	26,30	30,01
PESO DEL AGUA grs	3,55	3,05	3,71
PESO DEL SUELO SECO grs	18,31	15,72	19,13
% DE HUMEDAD	19,39	19,40	19,39
% PROMEDIO		19,39	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNISM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Rfategui Acedo

IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhoita, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperhoita, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: 0,20 - 0,80 m

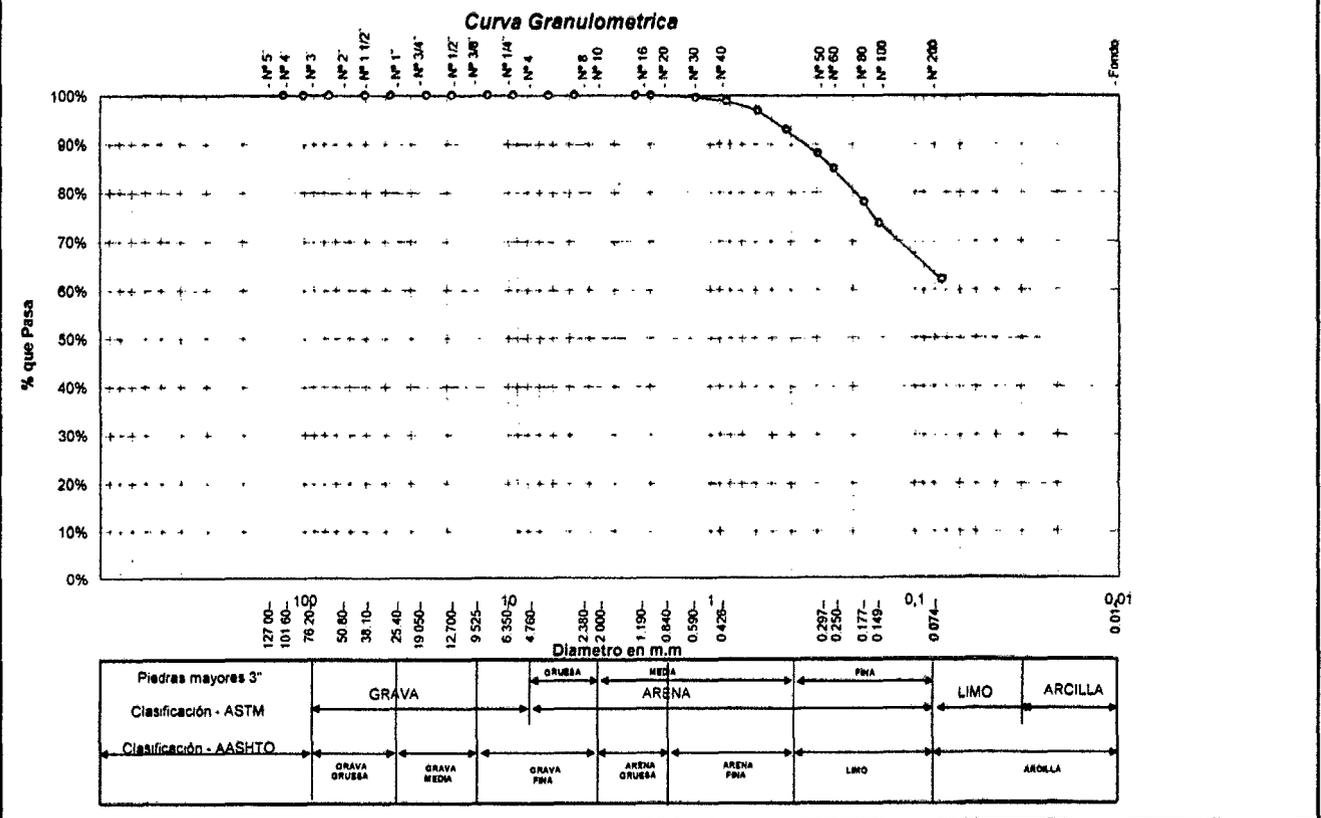
Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media Profundidad de la Muestra

Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez.

Calficata: C-04 M II
Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo.
5"	127,00					Modulo de Fineza AF:
4"	101,60					Modulo de Fineza AG:
3"	76,20					Equivalente de Arena:
2"	60,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas finas Sub-Grupo Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-6(9)
1"	25,40					Arcilla inorgánica de mediana plasticidad color marrón con trazas de arc. gris
3/4"	19,050					SUCS = CL AASHTO = A-6(9)
1/2"	12,700					LL = 38,24 WT = 85,30
3/8"	9,525					LP = 19,39 WT+SAL = 388,30
1/4"	6,350					IG = 9 WSAL = 300,00
Nº 4	4,760			100,00%		WT+SDL = 200,11
Nº 8	2,380	0,06	0,02%	99,98%		WSDL = 113,81
Nº 10	2,000	0,14	0,05%	99,93%		%ARC = 62,06
Nº 15	1,190	1,35	0,45%	99,48%		Cc = 0,00
Nº 20	0,840	2,48	0,82%	98,68%		Cu =
Nº 30	0,690	5,71	1,80%	96,78%		
Nº 40	0,428	11,75	3,92%	92,84%		
Nº 50	0,297	14,98	4,99%	87,85%		
Nº 60	0,250	9,35	3,12%	84,73%		
Nº 80	0,177	20,25	6,75%	77,98%		
Nº 100	0,149	12,96	4,32%	73,66%		
Nº 200	0,074	34,80	11,60%	62,06%		
Fondo	0,01	186,19	62,06%	100,00%	0,00%	
TOTAL	300,00				A B	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Rfategui Acedo

IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621383-621384 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Limosa Mal GraduadaProf. de la Muestra: 0,80 -3,00 mHecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-04 M III Fecha: 29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural**

ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	4	27	51
PESO DE LATA grs	20,50	20,40	20,40
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,50	121,20	121,10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	119,70	118,70	118,60
PESO DEL AGUA grs	1,80	2,50	2,50
PESO DEL SUELO SECO grs	99,20	98,30	98,20
% DE HUMEDAD	1,81	2,54	2,55
PROMEDIO % DE HUMEDAD		2,30	

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos

ASTM D-864

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico

ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

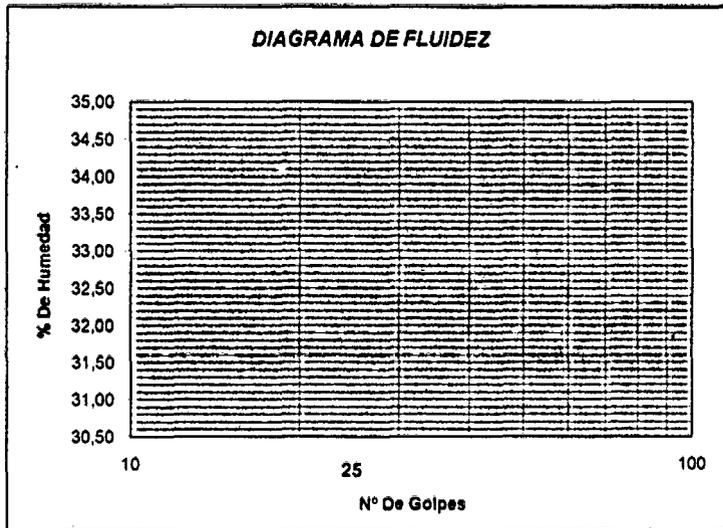
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 08 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje:
Descripción del Suelo: Suelo Arena Limosa Mal Graduada Profundidad de la Muestra: 0,80 -3,00 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Caliceta: C-04 M III Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA			
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs			
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			

NO PRESENTA



Indice de Fluido FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	NP
Límite Plástico (%)	NP
Indice de Plasticidad Ip (%)	NP
Clasificación SUCS	SP-SM
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA			
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs			
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
% PROMEDIO			

NO PRESENTA

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PATEGUY ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

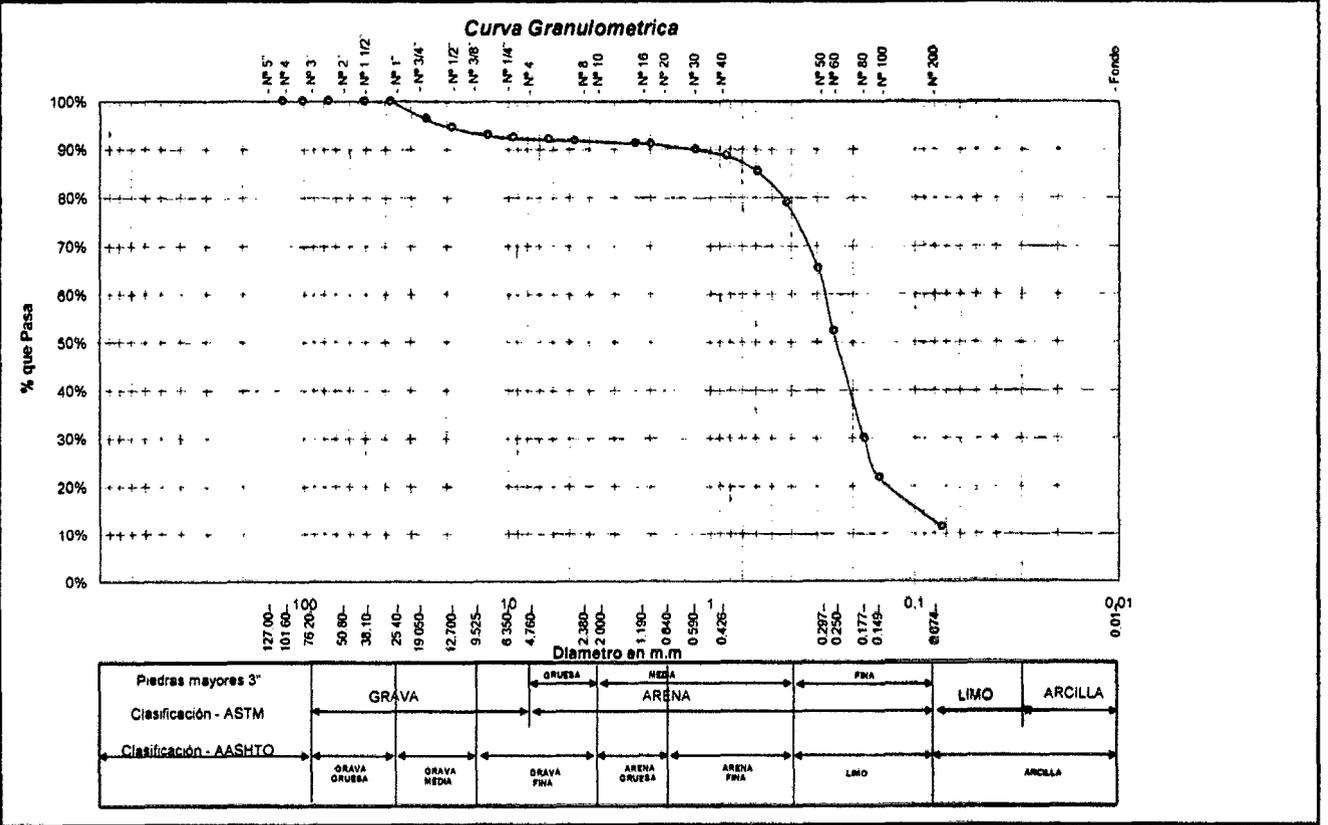
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín. Kilometraje:

Descripción del Suelo: Suelo Arena Limosa Mal Graduada Profundidad de la Muestra: 0,80 - 3,00 m Calicatas: C-04 M III

Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
Ø (mm)					
5"	127,00				Tamaño Máximo: _____
4"	101,60				Modulo de Fineza AF: _____
3"	76,20				Modulo de Fineza AG: _____
2"	50,80				Ecuivalente de Arena: _____
1 1/2"	38,10			100,00%	Descripción Muestra: _____
1"	25,40	107,67	3,70%	96,30%	Grupo suelos partículas gruesas Sub-Grupo: Arenas SP - SM A-2-4 (0)
3/4"	19,050	51,31	1,76%	94,54%	Arena mal graduada con presencia de arena limosa color amarillento
1/2"	12,700	47,12	1,62%	92,92%	SUCS = _____ SP-SM _____ AASHTO = _____ A-2-4(0)
3/8"	9,625	17,88	0,61%	92,31%	LL = _____ NP _____ WT = _____ 100,00
1/4"	6,350	7,61	0,26%	92,05%	LP = _____ NP _____ WT+SAL = _____ 3012,00
Nº 4	4,760	8,03	0,26%	91,77%	IP = _____ NP _____ WSAL = _____ 2912,00
Nº 8	2,380	16,45	0,56%	91,21%	IG = _____ 0 _____ WT+SDL = _____ 2880,42
Nº 10	2,000	5,13	0,16%	91,03%	WSDL = _____ 2590,42
Nº 16	1,180	33,01	1,13%	89,90%	D 90 = _____ %ARC = _____ 11,39
Nº 20	0,840	38,91	1,27%	88,63%	D 60 = _____ 0,28 %HERR = _____ 0,00
Nº 30	0,590	94,55	3,25%	85,38%	D 30 = _____ 0,18 Cc = _____ 1,70
Nº 40	0,426	185,42	6,37%	79,01%	D 10 = _____ 0,07 Cu = _____ 4,20
Nº 50	0,297	396,91	13,63%	65,38%	DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
Nº 60	0,250	384,14	13,19%	52,19%	El suelo es una arena mal graduada con presencia de arena limosa suelta de grano medio a fino no plástico con finos en un 11,39%, color amarillento con una resistencia al corte de regular a buena de compacidad alta con presencia de gravas T.M. 3"
Nº 80	0,177	646,44	22,20%	29,89%	% de Humedad Natural de la muestra ensayada
Nº 100	0,149	240,98	8,28%	21,72%	Número de tarro = 15 Peso del agua = 0
Nº 200	0,074	300,88	10,33%	11,39%	Peso del tarro = 100 Peso suelo húmedo = 2912
Fondo	0,01	331,58	11,39%	0,00%	Peso del tarro + Mh = 3012 Peso suelo seco = 2912
TOTAL	2912,00				Peso del tarro + Ms = 3012 % Humedad Muestra = 0,00



IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 12105
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME :	LEM UNSM-T	DESCRIPCION DEL SUELO:	ARENA ARCILLOSA
TEISIS:	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN	ESTADO DEL SUELO:	INALTERADO
UBICACIÓN :	SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN	DISPOSITIVO UTILIZADO :	ELECTRONICO
FECHA :	SEPTIEMBRE DEL 2014	HORA DE ENSAYO	1:30 PM

CALICATA: C-04 M III

Profundidad: 0.80 - 3.00 m

Velocidad: 0.5 mm/min

Muestra: M III

Estado: INALTERADO

Clasificación SUCS: SP-SM

ESPECIMEN 1

ESPECIMEN 2

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,55 gr/cm³
Humedad: 11,42 %
Esf. Normal: 0,56 kg/cm²
Esf. Corte: 0,35 kg/cm²

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,55 gr/cm³
Humedad: 11,40 %
Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,63 kg/cm²

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,55 gr/cm³
Humedad: 11,40 %
Esf. Normal: 1,67 kg/cm²
Esf. Corte: 0,91 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,09	0,16
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,16	0,28
0,30	0,18	0,31
0,45	0,19	0,34
0,60	0,21	0,38
0,75	0,23	0,41
0,90	0,24	0,42
1,05	0,25	0,44
1,20	0,26	0,45
1,50	0,27	0,47
1,80	0,28	0,48
2,10	0,29	0,50
2,40	0,30	0,51
2,70	0,31	0,53
3,00	0,32	0,55
3,60	0,32	0,55
4,20	0,33	0,56
4,80	0,34	0,56
5,40	0,35	0,58
6,00	0,35	0,56

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,10
0,06	0,15	0,14
0,12	0,20	0,18
0,18	0,27	0,24
0,30	0,31	0,28
0,45	0,37	0,33
0,60	0,41	0,37
0,75	0,45	0,40
0,90	0,47	0,42
1,05	0,48	0,43
1,20	0,51	0,45
1,50	0,53	0,47
1,80	0,54	0,47
2,10	0,55	0,48
2,40	0,56	0,49
2,70	0,57	0,49
3,00	0,58	0,50
3,60	0,59	0,50
4,20	0,60	0,50
4,80	0,62	0,51
5,40	0,63	0,52
6,00	0,63	0,51

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,14	0,08
0,06	0,19	0,11
0,12	0,27	0,16
0,18	0,37	0,22
0,30	0,45	0,27
0,45	0,54	0,32
0,60	0,62	0,37
0,75	0,67	0,40
0,90	0,70	0,41
1,05	0,73	0,43
1,20	0,76	0,44
1,50	0,79	0,47
1,80	0,81	0,47
2,10	0,82	0,48
2,40	0,83	0,48
2,70	0,83	0,48
3,00	0,84	0,48
3,60	0,85	0,48
4,20	0,86	0,48
4,80	0,90	0,50
5,40	0,91	0,50
6,00	0,91	0,49

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

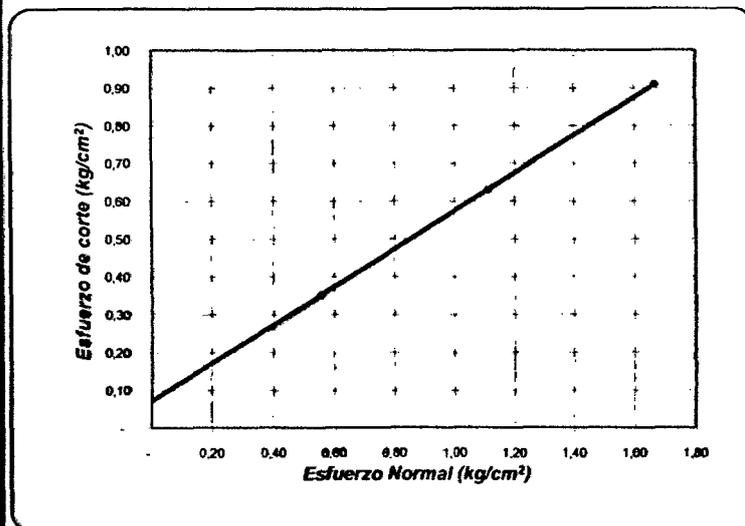
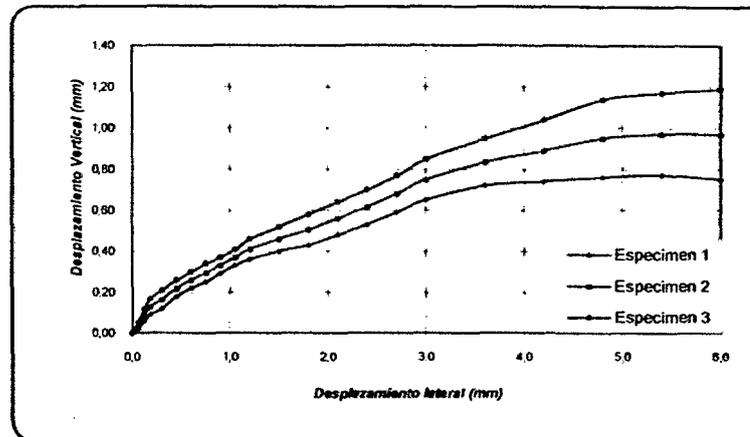
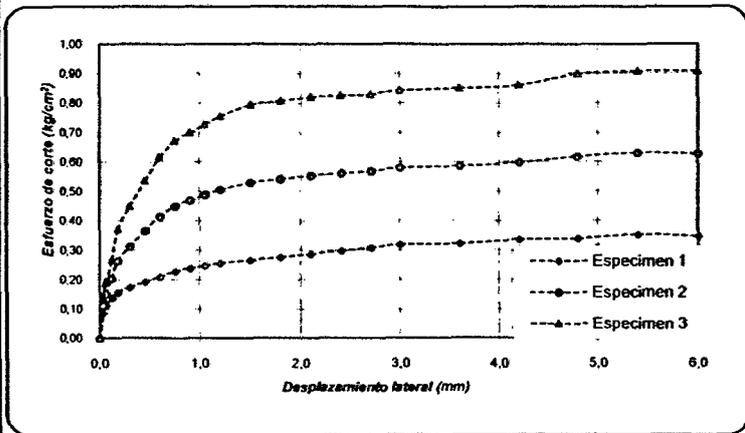
IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS- FIC
 TELEFAX 521402 - CIUDAD UNIVERSITARIA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,
 DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje : C -04 M III

Profundidad : 0.80 - 3.00 m

Muestra : M III

Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,35	0,63	0,91

Resultados:

Cohesión (c):	0,08 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	27 °



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 CASMA - TARAPOTO

[Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA N° 05

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERBITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,30 - 3,00 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-05 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	11	30	70
PESO DE LATA grs	20,80	20,70	20,50
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,30	121,70	121,70
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	109,90	110,20	110,28
PESO DEL AGUA grs	11,40	11,50	11,42
PESO DEL SUELO SECO grs	89,10	89,50	89,78
% DE HUMEDAD	12,79	12,85	12,72
PROMEDIO % DE HUMEDAD	12,79		

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



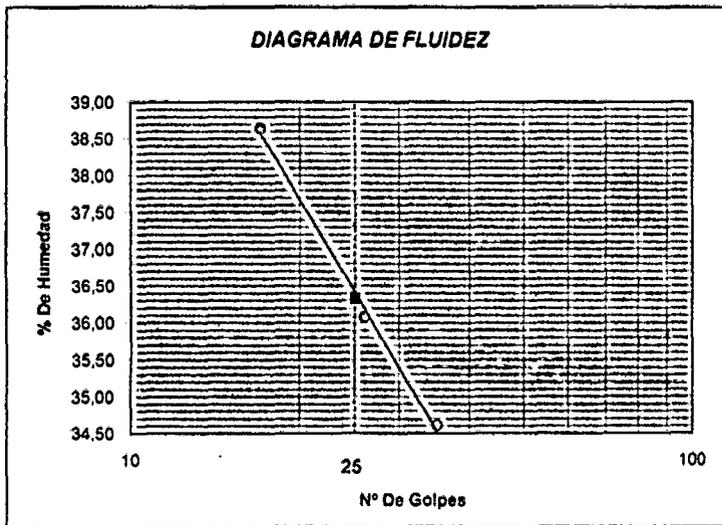
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 06 TELEFONO 821383-821384 ANEXO 20
lamunam2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 -3,00 m
Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: _____ Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	27	12	97
PESO DE LATA grs	10,74	10,49	10,62
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	44,22	44,40	44,62
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34,89	35,41	35,88
PESO DEL AGUA grs	9,33	8,99	8,74
PESO DEL SUELO SECO grs	24,15	24,92	25,26
% DE HUMEDAD	38,63	36,08	34,60
NUMERO DE GOLPES	17	28	35



Índice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	36,32
Límite Plástico (%)	18,55
Índice de Plasticidad Ip (%)	17,77
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(5)
Índice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	8	9	10
PESO DE LATA grs	10,33	10,88	10,46
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	35,05	29,10	34,81
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	31,18	26,25	31,00
PESO DEL AGUA grs	3,87	2,85	3,81
PESO DEL SUELO SECO grs	20,85	15,37	20,54
% DE HUMEDAD	18,58	18,54	18,55
% PROMEDIO		18,55	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Acedo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72165
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521353-521364 ANEXO 20

lemynsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: _____

Calicata: C-05 M II

Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

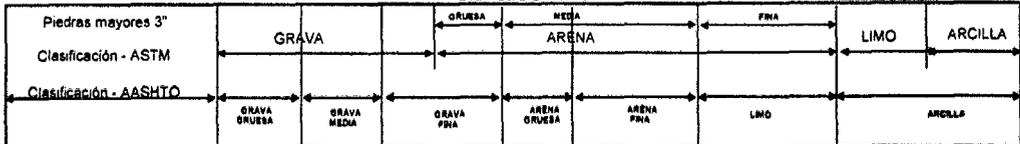
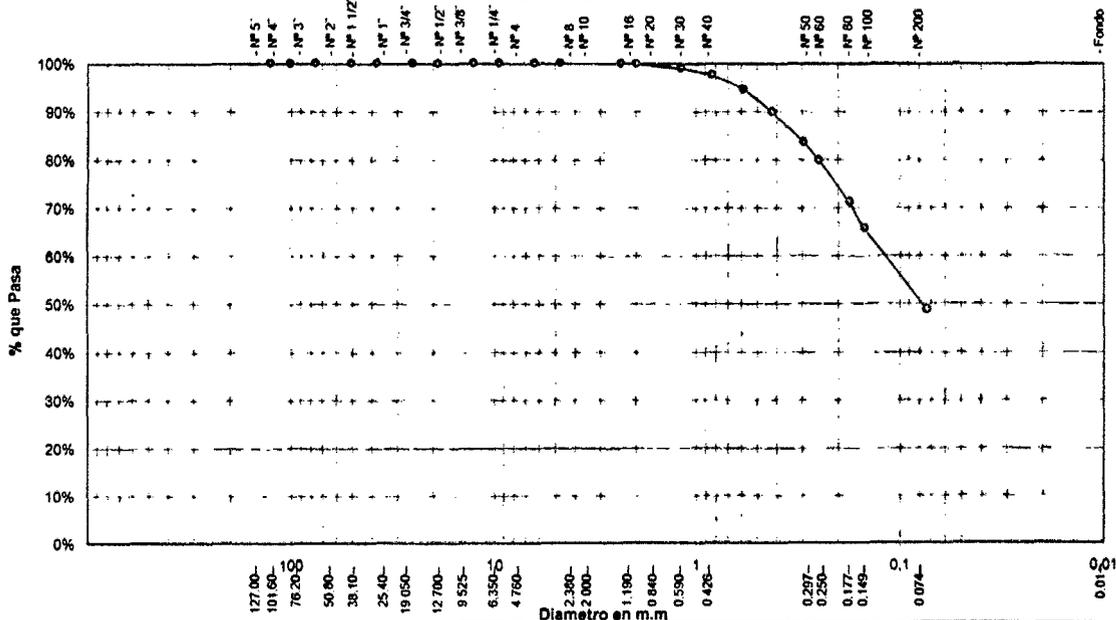
Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
5"	127,00					Modulo de Fineza AF
4"	101,60					Modulo de Fineza AG
3"	76,20					Equivalente de Arena:
2"	50,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas gruesas
1"	25,40					Sub-Grupo: Arenas
3/4"	19,050					Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
1/2"	12,700					SUCS = SC
3/8"	9,525					AASHTO = A-6(5)
1/4"	6,350					LL = 36,32
Nº 4	4,760			100,00%		LP = 18,55
Nº 8	2,380	0,28	0,09%	99,91%		IP = 17,77
Nº 10	2,000	0,39	0,13%	99,78%		IG = 5
Nº 16	1,190	2,59	0,86%	98,91%		D 90 =
Nº 20	0,840	4,21	1,40%	97,51%		D 60 =
Nº 30	0,590	8,84	2,95%	94,56%		D 30 =
Nº 40	0,428	14,00	4,67%	89,90%		D 10 =
Nº 50	0,297	19,04	6,35%	83,55%		
Nº 60	0,260	11,18	3,73%	79,82%		
Nº 80	0,177	25,22	8,74%	71,08%		
Nº 100	0,149	16,47	5,48%	65,59%		
Nº 200	0,074	50,82	16,87%	48,72%		
Fondo	0,01	146,16	46,72%	0,00%		
TOTAL		300,00				

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
 El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 48,72%, de plasticidad media. LL = 36,32%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.
 % de Humedad Natural de la muestra ensayada
 Número de tarro = 43 Peso del agua = 0
 Peso del tarro = 108,9 Peso suelo húmedo = 300
 Peso del tarro + Mh = 408,9 Peso suelo seco = 300
 Peso del tarro + Ms = 408,9 % Humedad Muestra = 0,00

Curva Granulométrica



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

[Firma manuscrita]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 2:20 PM

Sondaje: C-05 M II
Muestra: M II

Profundidad: 0.30 - 3.00 m
Estado: INALTERADO

Velocidad: 0.5 mm/min
Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

ESPECIMEN 2

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,61 gr/cm³
Humedad: 12,81 %
Esf. Normal: 0,56 kg/cm²
Esf. Corte: 0,34 kg/cm²

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,61 gr/cm³
Humedad: 12,80 %
Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,55 kg/cm²

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,61 gr/cm³
Humedad: 12,81 %
Esf. Normal: 1,67 kg/cm²
Esf. Corte: 0,76 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,10	0,17
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,17	0,30
0,30	0,18	0,33
0,45	0,22	0,39
0,60	0,24	0,42
0,75	0,25	0,44
0,80	0,26	0,45
1,05	0,28	0,47
1,20	0,27	0,48
1,50	0,28	0,48
1,80	0,29	0,50
2,10	0,30	0,51
2,40	0,32	0,55
2,70	0,32	0,55
3,00	0,32	0,55
3,60	0,32	0,55
4,20	0,33	0,56
4,80	0,34	0,56
5,40	0,33	0,55
6,00	0,34	0,55

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,11
0,06	0,15	0,13
0,12	0,18	0,16
0,18	0,22	0,20
0,30	0,25	0,23
0,45	0,29	0,26
0,60	0,31	0,28
0,75	0,35	0,31
0,80	0,38	0,33
1,05	0,40	0,35
1,20	0,42	0,37
1,50	0,43	0,38
1,80	0,45	0,40
2,10	0,47	0,41
2,40	0,49	0,43
2,70	0,51	0,43
3,00	0,51	0,43
3,60	0,52	0,44
4,20	0,53	0,44
4,80	0,54	0,45
5,40	0,54	0,44
6,00	0,55	0,44

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,14	0,08
0,06	0,18	0,11
0,12	0,22	0,13
0,18	0,27	0,16
0,30	0,32	0,19
0,45	0,36	0,21
0,60	0,39	0,23
0,75	0,45	0,27
0,80	0,50	0,30
1,05	0,54	0,32
1,20	0,56	0,33
1,50	0,59	0,35
1,80	0,62	0,36
2,10	0,65	0,38
2,40	0,67	0,39
2,70	0,69	0,40
3,00	0,70	0,40
3,60	0,71	0,40
4,20	0,72	0,40
4,80	0,74	0,41
5,40	0,75	0,41
6,00	0,76	0,41

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Aceo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
IEFE DE LABORATORIO



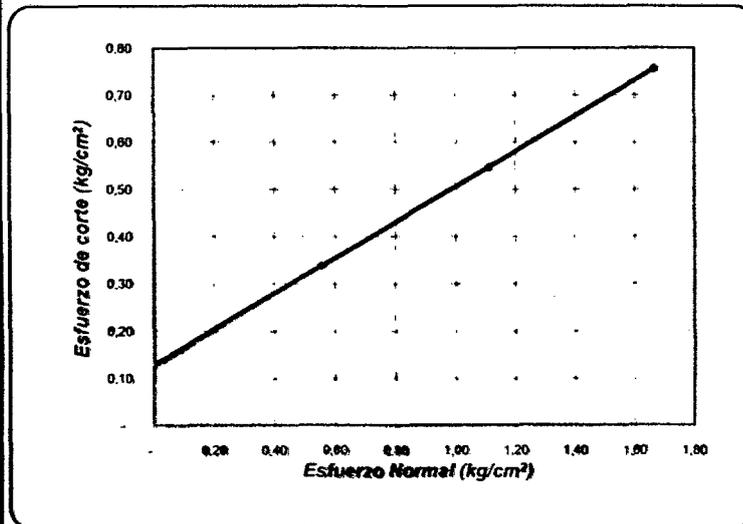
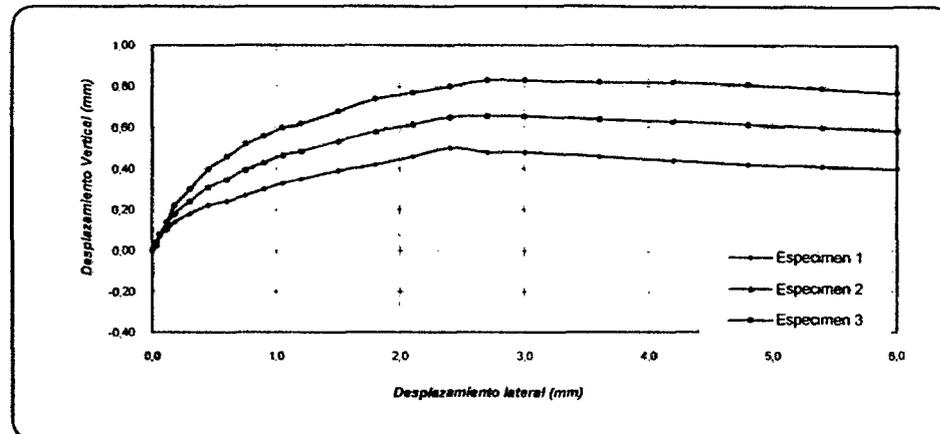
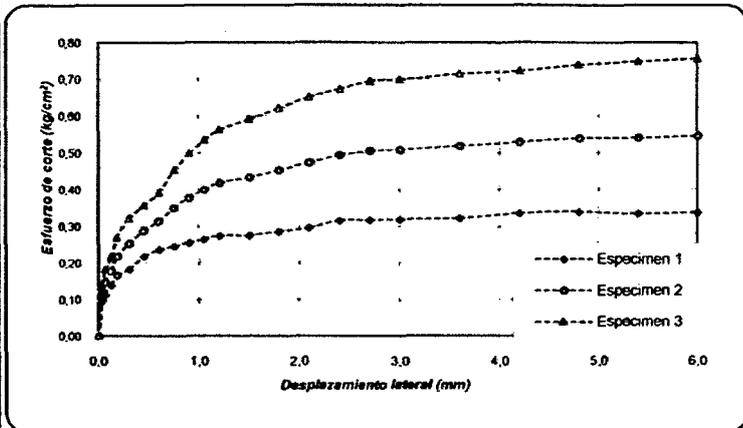
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA.
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
UBICACIÓN: SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN
FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2014

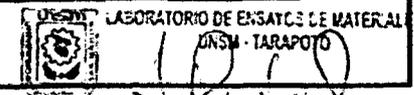
Sondaje: C-05 M II
Muestra: M II

Profundidad: 0.30 - 3.00 m
Estado: INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de corte	0.34	0.55	0.76

Resultados:

Cohesión (c):	0,14 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	21 °



IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 06

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821383-821384 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media Prof. de la Muestra: 0,60 -3,00 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-08 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	53	57	67
PESO DE LATA grs	20,30	20,50	20,40
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,20	121,70	121,50
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	108,10	108,60	108,80
PESO DEL AGUA grs	12,10	12,10	11,90
PESO DEL SUELO SECO grs	88,80	89,10	89,20
% DE HUMEDAD	13,63	13,58	13,34
PROMEDIO % DE HUMEDAD	13,52		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72708
 JEFE DE LABORATORIO



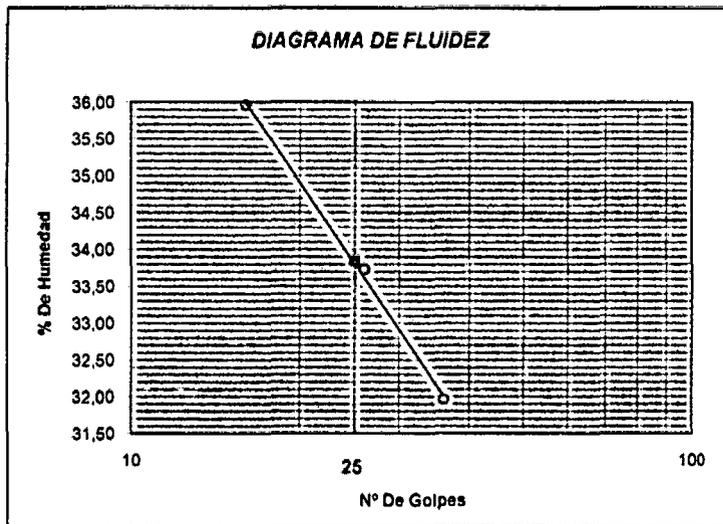
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media Profundidad de la Muestra: 0,80 -3,00 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: _____ C-08 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	94	54	76
PESO DE LATA grs	10,60	10,58	10,75
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,12	43,77	43,58
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34,52	35,40	35,63
PESO DEL AGUA grs	8,60	8,37	7,95
PESO DEL SUELO SECO grs	23,92	24,82	24,88
% DE HUMEDAD	35,95	33,72	31,95
NUMERO DE GOLPES	16	26	36



Índice de Flujo Fi	-0,211
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	33,83
Límite Plástico (%)	17,10
Índice de Plasticidad Ip (%)	16,73
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(5)
Índice de consistencia Ic	1,21

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	33	34	35
PESO DE LATA grs	10,89	10,86	10,71
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,94	29,98	33,44
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,72	27,19	30,12
PESO DEL AGUA grs	3,22	2,79	3,32
PESO DEL SUELO SECO grs	18,83	16,33	19,41
% DE HUMEDAD	17,10	17,09	17,10
% PROMEDIO		17,10	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

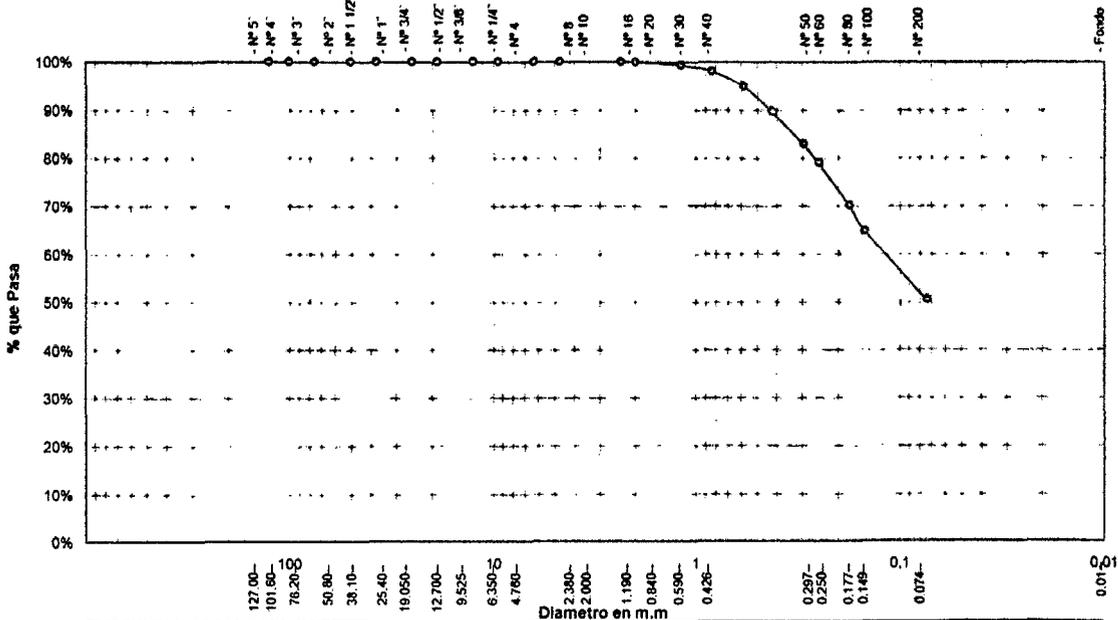
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
 www.unsm2010.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arcilloso Inorgánico de Plasticidad Media Profundidad de la Muestra: 0,60 -3,00 m Calicata: C-06 M.II
 Hecho Por: Bach. Heidy del C. Chevez Ramirez Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo.	
Ø (mm)							
6"	127,00					Modulo de Fineza AF	
4"	101,60					Modulo de Fineza AG	
3"	76,20					Equivalente de Arena:	
2"	60,80					Descripción Muestra:	
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas finas	
1"	25,40					Sub-Grupo Limos y arcillas con LL 3/4 50% CL A-(5)	
3/4"	19,050					Arilla inorgánica de mediana plasticidad color amarillento	
1/2"	12,700					SUCS = CL AASHTO = A-6(18)	
3/8"	9,525					LL = 33,83 WT = 84,10	
1/4"	6,360					LP = 17,10 WT+3AL = 384,10	
Nº 4	4,760			100,00%		IP = 16,73 WSAL = 300,00	
Nº 8	2,380	0,21	0,07%	99,93%		IG = 5 WT+SDL = 233,35	
Nº 10	2,000	0,20	0,07%	99,86%		WSOL = 149,25	
Nº 16	1,190	1,91	0,64%	99,23%		D 90= %ARC = 50,25	
Nº 20	0,840	3,85	1,28%	97,94%		D 60= %ERR = 0,00	
Nº 30	0,590	8,97	2,99%	94,95%		D 30= Cc =	
Nº 40	0,426	15,94	5,31%	88,64%		D 10= Cu =	
Nº 50	0,297	20,67	6,89%	82,75%		DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO	
Nº 60	0,250	11,81	3,84%	78,81%		Suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura resistencia en seco media, con dilatación muy lenta, tenacidad media, con finos en un 50,25% con LL = 33,83%, con resistencia al corte regular en estado saturado con arena en un 49,75%	
Nº 80	0,177	26,14	8,71%	70,10%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada	
Nº 100	0,149	15,97	5,32%	64,78%		Número de tarro = 69	Peso del agua = 0
Nº 200	0,074	43,58	14,53%	50,25%		Peso del tarro = 84,1	Peso suelo húmedo = 300
Fondo	0,01	150,75	50,25%	0,00%		Peso del tarro + Ms = 384,1	Peso suelo seco = 300
TOTAL	300,00				A B		% Humedad Muestra = 0,00

Curva Granulométrica



Diámetro (m.m.)	127.00	101.60	76.20	50.80	38.10	25.40	19.050	12.700	9.525	6.350	4.760	2.380	2.000	1.190	0.840	0.590	0.426	0.297	0.250	0.177	0.149	0.074	0.01
Piedras mayores 3"																							
Clasificación - ASTM	GRAVA			GRAVA GRUESA			GRAVA MEDIA			GRAVA FINA			ARENA GRUESA			ARENA FINA			LIMO			ARCILLA	
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA			GRAVA MEDIA			GRAVA FINA			ARENA GRUESA			ARENA FINA			LIMO			ARCILLA				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN... DEATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
 JEFE DE LABORATORIO



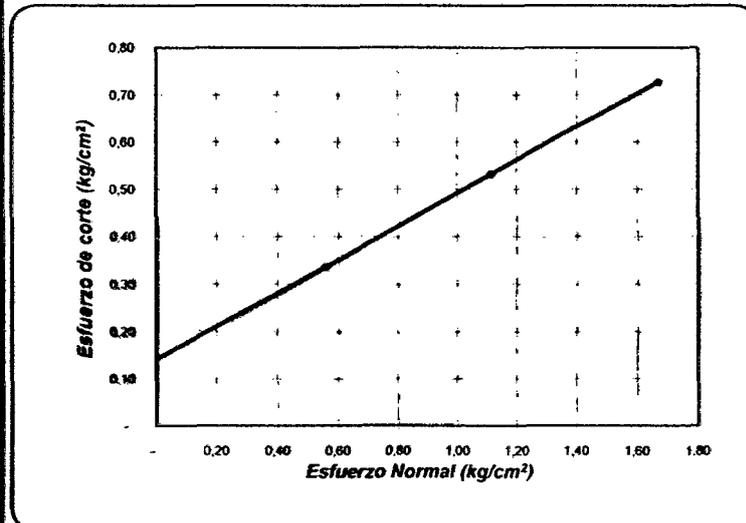
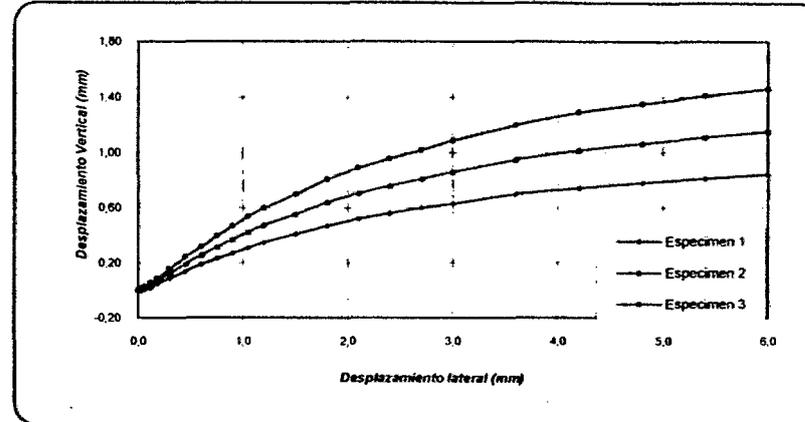
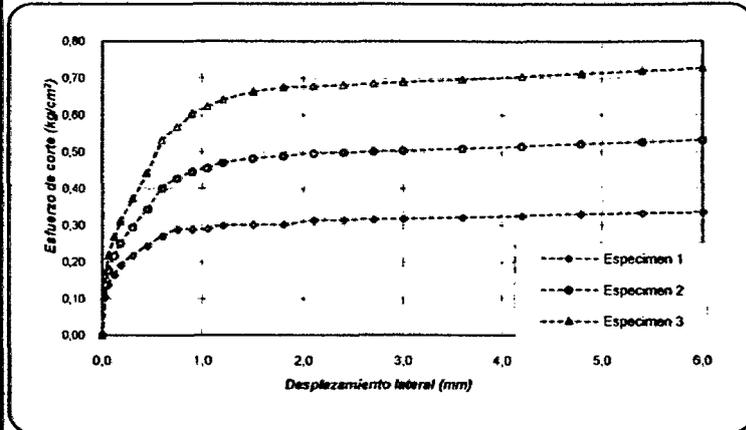
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje : C - 06 M II
Muestra : M II

Profundidad : 0.60 - 3.00 m
Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,34	0,53	0,73

Resultados:

Cohesión (c): 0,15 kg/cm²
Ang. Fricción (φ): 19 °



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PFATFGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 07

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521384 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Región San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa

Prof. de la Muestra: _____

0,90 - 3,00 mHecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-07 M II

Fecha: _____

29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural**

ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	63	64	65
PESO DE LATA grs	20,40	20,40	20,40
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,20	121,20	121,80
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	109,90	110,00	110,50
PESO DEL AGUA grs	11,30	11,20	11,30
PESO DEL SUELO SECO grs	89,50	89,60	80,10
% DE HUMEDAD	12,63	12,50	12,54
PROMEDIO % DE HUMEDAD		12,56	

Determinación del Gravedad Específico de Sólidos

ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico

ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



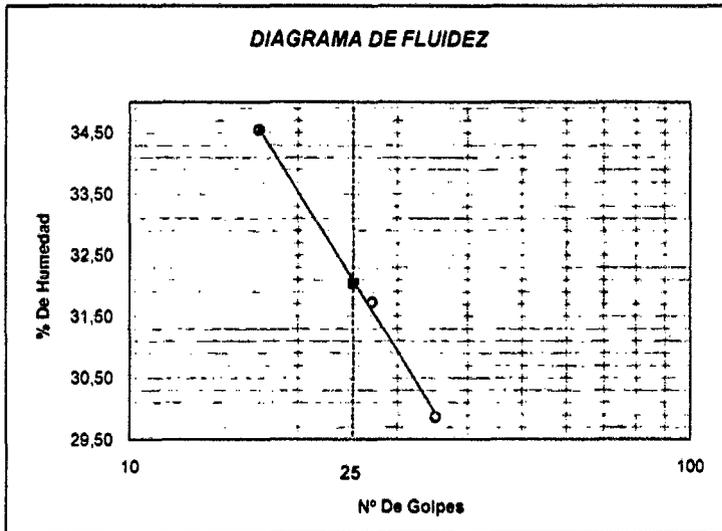
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje:
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0.90 -3.00 m
Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-07 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	11	61	36
PESO DE LATA grs	10,62	10,60	10,73
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	44,20	44,90	44,52
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	35,58	36,64	36,75
PESO DEL AGUA grs	8,62	8,26	7,77
PESO DEL SUELO SECO grs	24,96	26,04	26,02
% DE HUMEDAD	34,54	31,72	29,85
NUMERO DE GOLPES	17	27	35



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	32,02
Límite Plástico (%)	17,64
Indice de Plasticidad Ip (%)	14,38
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(2)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	69	70	71
PESO DE LATA grs	10,43	10,79	10,52
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	35,69	31,61	36,40
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	31,90	28,49	32,52
PESO DEL AGUA grs	3,79	3,12	3,88
PESO DEL SUELO SECO grs	21,47	17,70	22,00
% DE HUMEDAD	17,65	17,63	17,84
% PROMEDIO		17,64	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo Nº	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72103
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521364 ANEXO 20
 tarapoto2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,90 -3,00 m Calicata: C-07 M II
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

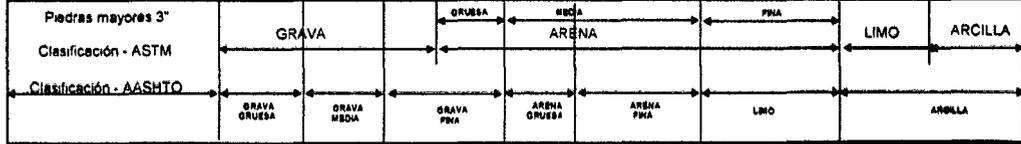
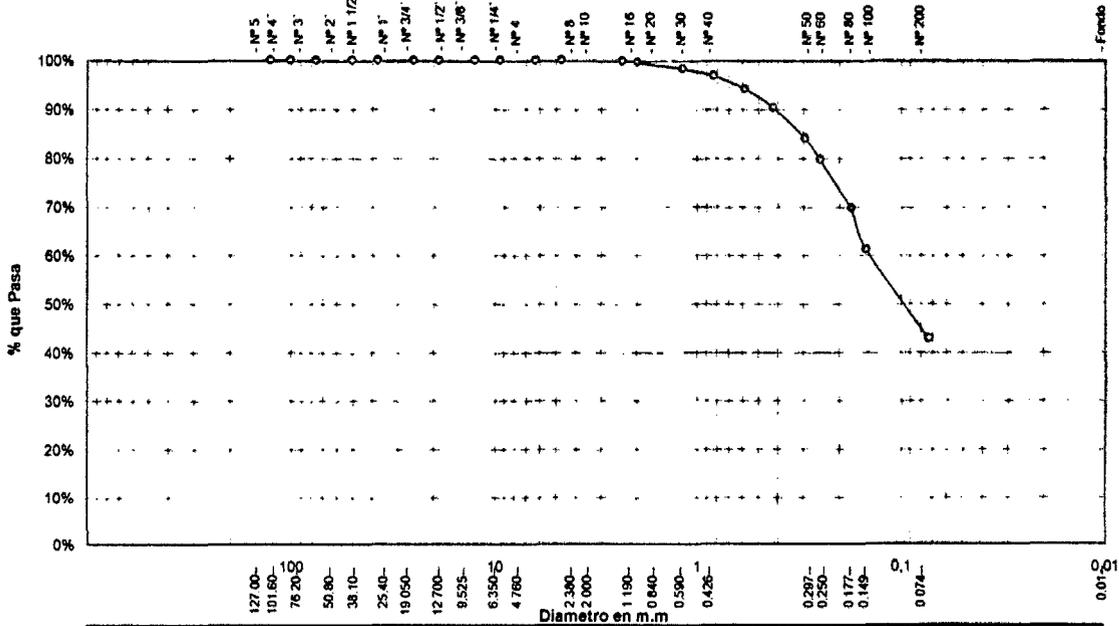
Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo.
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
8"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos particulas gruesas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Arenas
1"	25,40					Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
3/4"	19,050					SC A
1/2"	12,700					SUCS = SC
3/8"	9,525					AASHTO = A-6(2)
1/4"	8,350					LL = 32,02 WT = 88,40
Nº 4	4,760			100,00%		LP = 17,64 WT+SAL = 388,40
Nº 8	2,380	0,74	0,25%	99,75%		IP = 14,38 WSAL = 300,00
Nº 10	2,000	0,49	0,16%	99,59%		IG = 2 WT+SDL = 259,84
Nº 16	1,190	3,84	1,28%	98,31%		D 90= WSDL = 171,44
Nº 20	0,840	4,46	1,49%	96,82%		D 60= %ARC = 42,85
Nº 30	0,590	7,93	2,64%	94,18%		D 30= Cc = 0,00
Nº 40	0,426	11,58	3,86%	90,32%		D 10= Cu =
Nº 60	0,297	18,71	6,24%	84,08%		
Nº 80	0,250	13,07	4,36%	79,73%		
Nº 100	0,177	30,12	10,04%	69,89%		
Nº 200	0,074	54,84	18,31%	57,15%		
Fondo	0,01	128,56	42,85%	100,00%		
TOTAL	300,00				A B	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO

El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactad media con finos de 42,85%, de plasticidad media. LL = 32,02%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.
 % de Humedad Natural de la muestra ensayada

Numero de tarro =	6	Peso #200 =	0
Peso del tarro =	88,4	Peso suelo humedo =	300
Peso del tarro + Mh =	388,4	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	388,4	% Humedad Muestra =	0,00

Curva Granulometrica



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO REATFGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72706
 IFFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21
 TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 4 20 PM

CALICATA: C-07 M II **Profundidad :** 0.90 - 3.00 m **Velocidad :** 0.5 mm/min
 Muestra : M-II **Estado :** INALTERADO **Clasificación SUCS:** SC

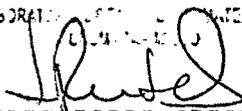
ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
Altura:	20,00 mm	Altura:	20,00 mm	Altura:	20,00 mm
Lado :	60,00 mm	Lado :	60,00 mm	Lado :	60,00 mm
D. Seca:	1,61 gr/cm ³	D. Seca:	1,61 gr/cm ³	D. Seca:	1,61 gr/cm ³
Humedad:	11,01 %	Humedad:	11,01 %	Humedad:	11,00 %
Esf. Normal :	0,56 kg/cm ²	Esf. Normal :	1,11 kg/cm ²	Esf. Normal :	1,67 kg/cm ²
Esf. Corte:	0,36 kg/cm ²	Esf. Corte:	0,58 kg/cm ²	Esf. Corte:	0,80 kg/cm ²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,10	0,17
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,17	0,30
0,30	0,18	0,33
0,45	0,22	0,39
0,60	0,24	0,42
0,75	0,25	0,44
0,90	0,26	0,45
1,05	0,26	0,47
1,20	0,27	0,48
1,50	0,28	0,48
1,80	0,29	0,50
2,10	0,30	0,51
2,40	0,32	0,55
2,70	0,32	0,55
3,00	0,33	0,56
3,60	0,33	0,56
4,20	0,34	0,58
4,80	0,36	0,59
5,40	0,36	0,59
6,00	0,36	0,58

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,11
0,06	0,15	0,13
0,12	0,18	0,16
0,18	0,22	0,20
0,30	0,25	0,23
0,45	0,29	0,26
0,60	0,31	0,28
0,75	0,35	0,31
0,90	0,38	0,33
1,05	0,40	0,35
1,20	0,42	0,37
1,50	0,43	0,38
1,80	0,45	0,40
2,10	0,47	0,41
2,40	0,50	0,43
2,70	0,51	0,44
3,00	0,53	0,45
3,60	0,55	0,46
4,20	0,56	0,47
4,80	0,57	0,47
5,40	0,58	0,48
6,00	0,58	0,47

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,14	0,08
0,06	0,18	0,11
0,12	0,22	0,13
0,18	0,27	0,16
0,30	0,32	0,19
0,45	0,38	0,21
0,60	0,39	0,23
0,75	0,45	0,27
0,90	0,50	0,30
1,05	0,54	0,32
1,20	0,56	0,33
1,50	0,59	0,35
1,80	0,62	0,36
2,10	0,65	0,38
2,40	0,68	0,39
2,70	0,71	0,41
3,00	0,73	0,42
3,60	0,76	0,43
4,20	0,77	0,43
4,80	0,79	0,43
5,40	0,80	0,44
6,00	0,80	0,43

OBSERVACIONES:


 LAS DRAT... MATERIALES
 IVAN GUSTAVO RATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72106
 JEFE DE LABORATORIO



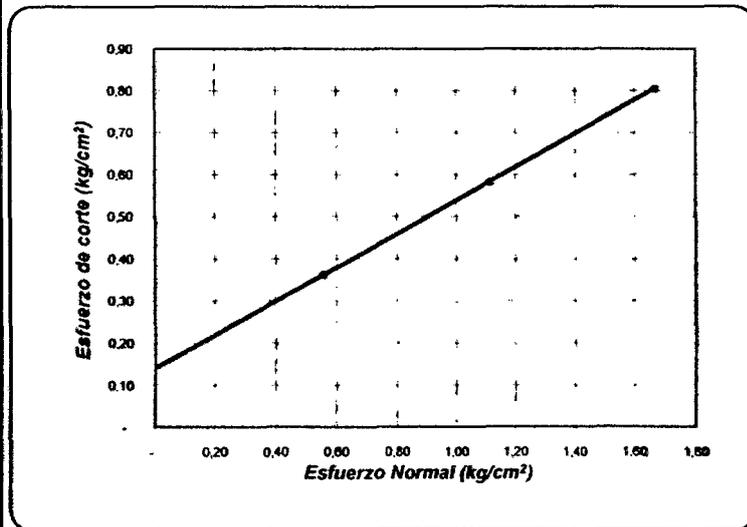
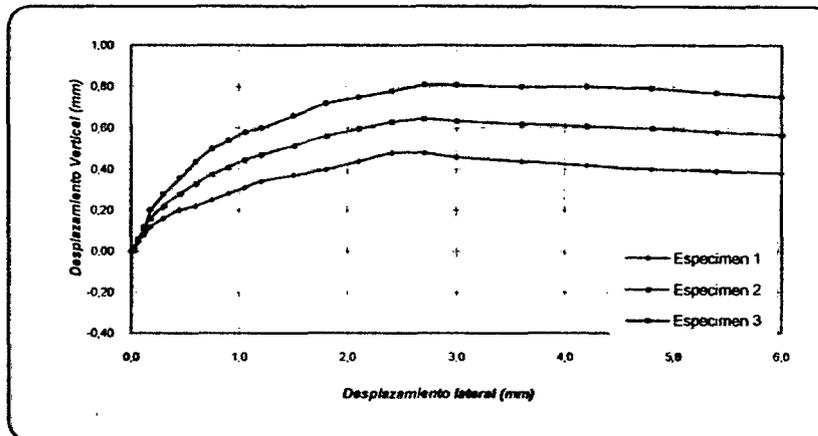
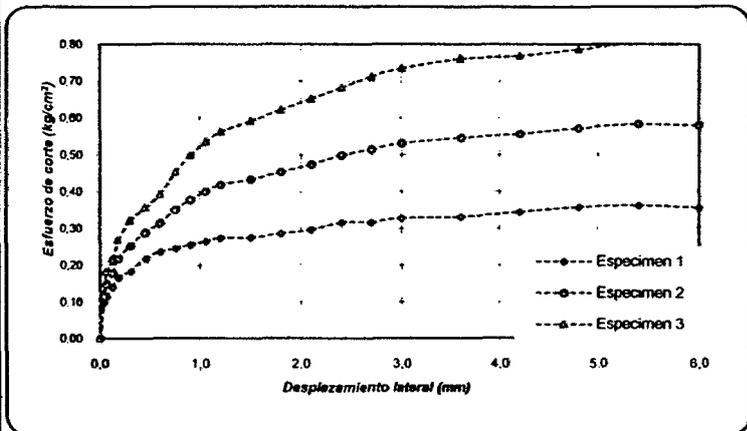
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
UBICACIÓN: SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN
FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondeaje: C-07 M II
Muestra: M-II

Profundidad: 0.90 - 3.00 m
Estado: INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,36	0,58	0,80

Resultados:

Cohesión (c):	0,15 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	22 °

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72765
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 08

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821363-821364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,40 -1,00 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-08 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural

ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	28	29	88
PESO DE LATA grs	20,50	20,60	20,70
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	128,00	127,60	130,20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	121,80	121,40	123,85
PESO DEL AGUA grs	6,20	6,20	6,35
PESO DEL SUELO SECO grs	101,30	100,80	103,15
% DE HUMEDAD	6,12	6,15	6,16
PROMEDIO % DE HUMEDAD	6,14		

Determinación del Gravedad Específico de Sólidos

ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumétrico

ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



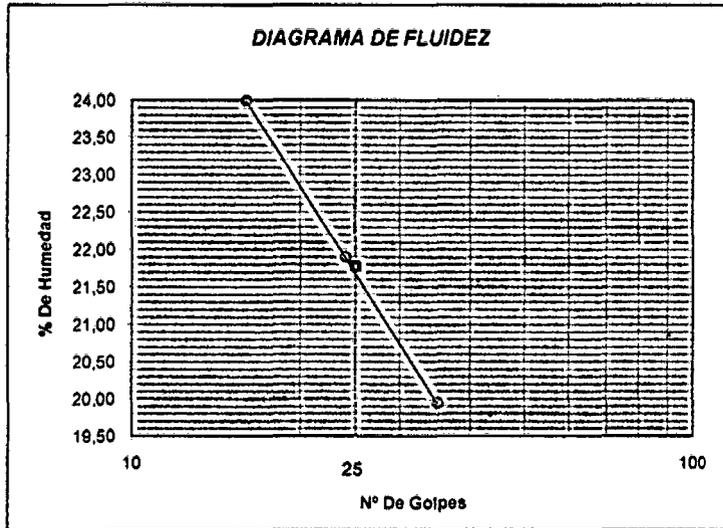
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhotte, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperhotte, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,40 -1,00 m
Hecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: _____ C-08 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	93	50	46
PESO DE LATA grs	10,68	10,81	10,72
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	45,10	45,94	45,43
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	38,44	39,63	39,66
PESO DEL AGUA grs	6,66	6,31	5,77
PESO DEL SUELO SECO grs	27,76	28,82	28,94
% DE HUMEDAD	23,99	21,89	19,94
NUMERO DE GOLPES	16	24	35



Índice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	21,77
Límite Plástico (%)	14,10
Índice de Plasticidad Ip (%)	7,67
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Índice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	15	16	17
PESO DE LATA grs	10,81	10,60	10,62
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	33,55	30,11	32,04
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	30,74	27,70	29,39
PESO DEL AGUA grs	2,81	2,41	2,65
PESO DEL SUELO SECO grs	19,93	17,10	18,77
% DE HUMEDAD	14,10	14,09	14,12
% PROMEDIO		14,10	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO

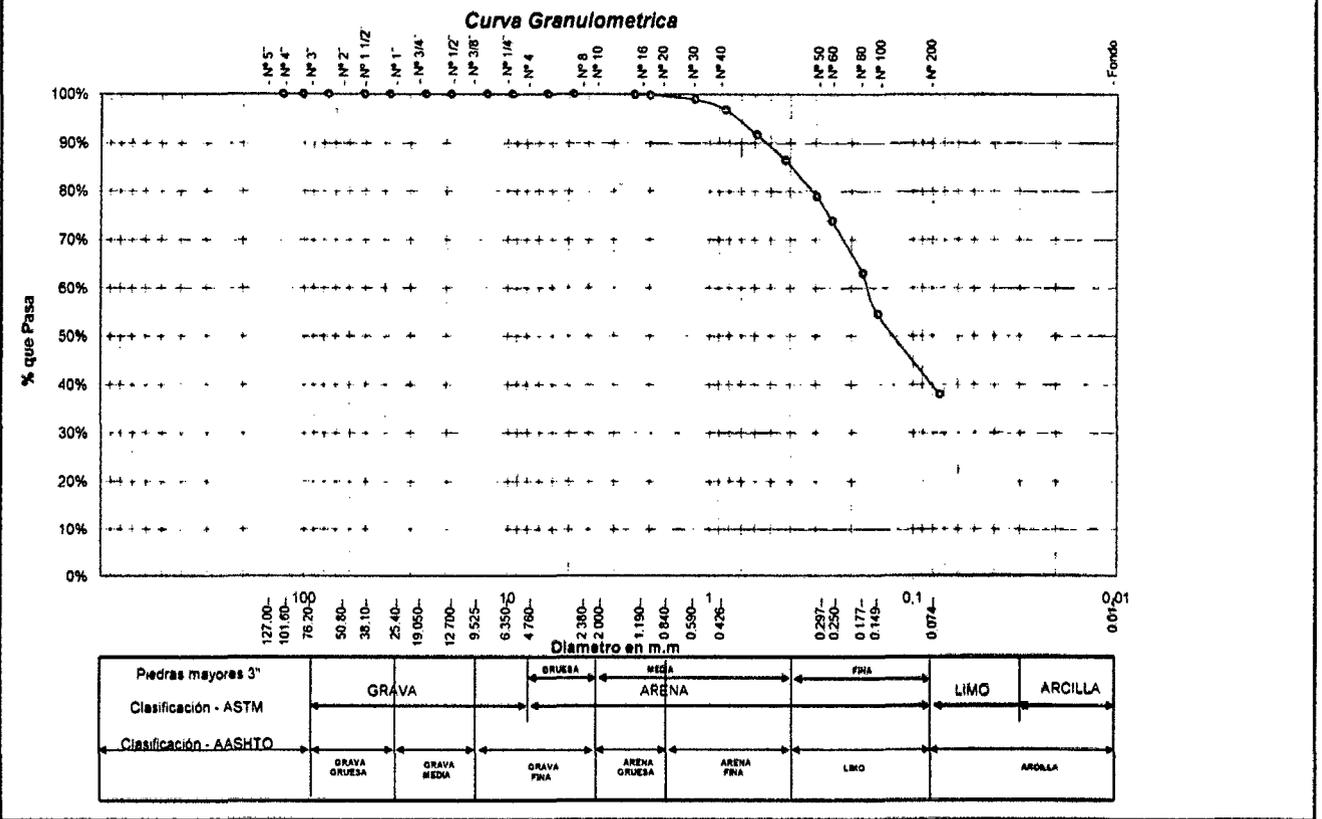


Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,40 - 1,00 m Calicata: C-08 M II
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo	Modulo de Fineza AF:	Modulo de Fineza AG:	Equivalente de Arena:	Descripción Muestra:	Sub-Grupo: Arenas	SC A
5"	127,00											
4"	101,60											
3"	76,20											
2"	50,80											
1 1/2"	38,10											
1"	25,40											
3/4"	19,050											
1/2"	12,700											
3/8"	9,625											
1/4"	6,350											
Nº 4	4,760			100,00%								
Nº 8	2,380	0,45	0,15%	0,15%	99,85%							
Nº 10	2,000	0,27	0,08%	0,24%	99,76%							
Nº 16	1,190	2,62	0,87%	1,11%	98,89%							
Nº 20	0,840	6,44	2,15%	3,26%	96,74%							
Nº 30	0,590	15,31	5,10%	8,36%	91,64%							
Nº 40	0,426	15,93	5,31%	13,67%	86,33%							
Nº 50	0,297	22,83	7,61%	21,28%	78,72%							
Nº 60	0,250	14,80	4,93%	26,22%	73,78%							
Nº 80	0,177	32,60	10,87%	37,08%	62,92%							
Nº 100	0,149	25,46	8,49%	45,57%	54,43%							
Nº 200	0,074	49,89	16,63%	62,20%	37,80%							
Fondo	0,01	113,40	37,80%	100,00%	0,00%							
TOTAL		300,00				A	B					

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO			
El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de consistencia media con finos de 37,80%, de plasticidad baja, LL = 21,77%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Número de tarro =	62	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	109,6	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	409,6	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	409,6	% Humedad Muestra =	0,00



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821363-821364 ANEXO 20

iemunam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 1,00 -3,00 m
 Hecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-08 M.III Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural**ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	15	41	47
PESO DE LATA grs	20,70	20,50	20,60
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	125,00	126,40	120,30
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	113,00	114,20	108,80
PESO DEL AGUA grs	12,00	12,20	11,50
PESO DEL SUELO SECO grs	92,30	93,70	88,20
% DE HUMEDAD	13,00	13,02	13,04
PROMEDIO % DE HUMEDAD	13,02		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PEATFGUIACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



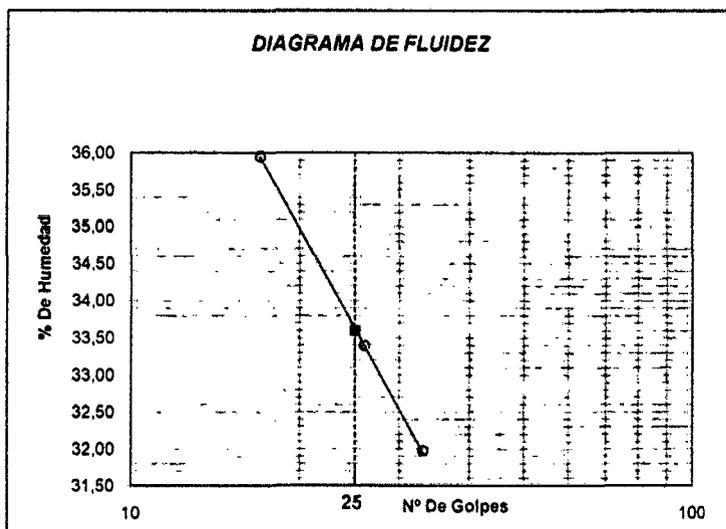
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,00 -3,00 m
Hecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-08 M III Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	59	14	30
PESO DE LATA grs	10,72	10,77	10,75
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	41,05	40,89	40,35
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	33,03	33,35	33,18
PESO DEL AGUA grs	8,02	7,54	7,17
PESO DEL SUELO SECO grs	22,31	22,58	22,43
% DE HUMEDAD	35,95	33,39	31,97
NUMERO DE GOLPES	17	26	33



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	33,60
Límite Plástico (%)	17,17
Indice de Plasticidad Ip (%)	16,43
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(3)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	66	67	68
PESO DE LATA grs	10,92	10,76	10,49
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	30,44	28,64	32,45
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	27,58	26,02	29,23
PESO DEL AGUA grs	2,86	2,62	3,22
PESO DEL SUELO SECO grs	16,66	15,26	18,74
% DE HUMEDAD	17,17	17,17	17,18
% PROMEDIO		17,17	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo Nº	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PRATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa

Profundidad de la Muestra: _____

1,00 -3,00 m

Calicata: _____

C-08 M III

Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Fecha: _____

29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo	Modulo de Fineza AF:	Modulo de Fineza AG:	Equivalente de Arena:	Descripción Muestra:	Sub-Grupo : Arenas	SC A
5"	127,00									Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento		
4"	101,60											
3"	76,20											
2"	60,80											
1 1/2"	38,10											
1"	25,40											
3/4"	19,050											
1/2"	12,700											
3/8"	9,525											
1/4"	6,350											
Nº 4	4,760				100,00%							
Nº 8	2,380	0,29	0,10%	0,10%	99,90%							
Nº 10	2,000	0,26	0,09%	0,18%	99,82%							
Nº 16	1,190	2,66	0,89%	1,07%	98,93%							
Nº 20	0,840	4,36	1,45%	2,52%	97,48%							
Nº 30	0,590	9,96	3,32%	5,84%	94,16%							
Nº 40	0,426	14,08	4,89%	10,54%	89,46%							
Nº 50	0,297	20,16	6,72%	17,26%	82,74%							
Nº 60	0,250	12,60	4,20%	21,46%	78,54%							
Nº 80	0,177	28,82	9,81%	31,06%	68,94%							
Nº 100	0,149	20,84	6,95%	38,01%	61,99%							
Nº 200	0,074	56,54	18,85%	56,86%	43,14%							
Fondo	0,01	129,43	43,14%	100,00%	0,00%							
TOTAL	300,00					A	B					

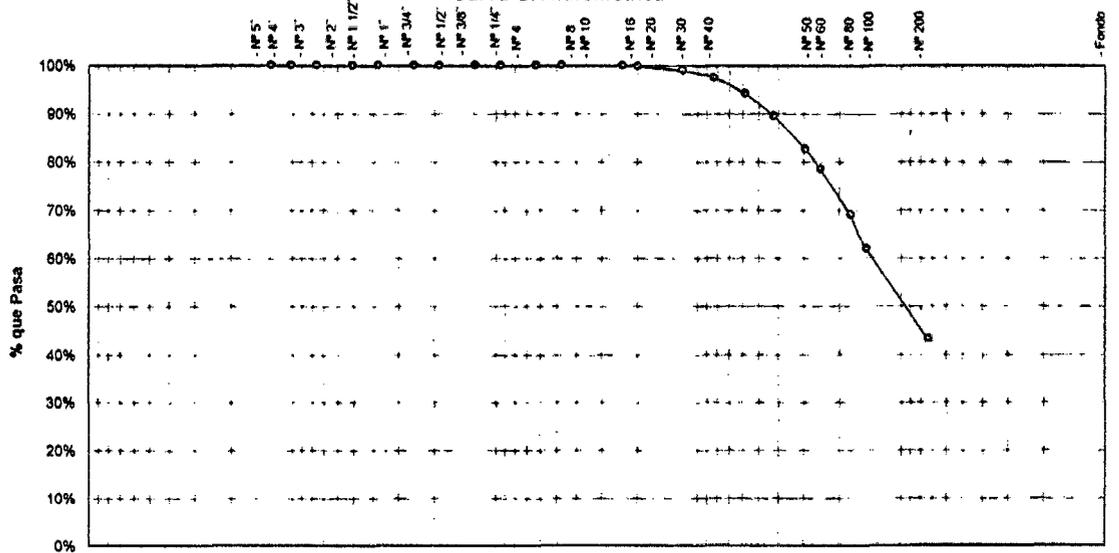
DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO

El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 43,14%, de plasticidad media, LL = 33,60%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro =	7	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	86,1	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	386,1	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	386,1	% Humedad Natural =	0,00

Curva Granulometrica



Piedras mayores 3"	GRAVA		GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA		ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	LIMO



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21

TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACION : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 5:20 PM

Sondeje : C-08 M III

Profundidad : 1.00 - 3.00 m

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M-III

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
 Lado: 60,00 mm
 D. Seca: 1,62 gr/cm³
 Humedad: 9,84 %
 Esf. Normal: 0,56 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,35 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
 Lado: 60,00 mm
 D. Seca: 1,64 gr/cm³
 Humedad: 9,96 %
 Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,56 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
 Lado: 60,00 mm
 D. Seca: 1,63 gr/cm³
 Humedad: 9,81 %
 Esf. Normal: 1,67 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,78 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,10	0,17
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,17	0,30
0,30	0,18	0,33
0,45	0,22	0,39
0,60	0,24	0,42
0,75	0,25	0,44
0,90	0,26	0,45
1,05	0,26	0,47
1,20	0,27	0,48
1,50	0,28	0,48
1,80	0,29	0,50
2,10	0,30	0,51
2,40	0,32	0,55
2,70	0,32	0,55
3,00	0,33	0,56
3,60	0,33	0,56
4,20	0,34	0,58
4,80	0,35	0,58
5,40	0,34	0,56
6,00	0,35	0,56

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,11
0,06	0,15	0,13
0,12	0,18	0,16
0,18	0,22	0,20
0,30	0,25	0,23
0,45	0,29	0,26
0,60	0,31	0,28
0,75	0,35	0,31
0,90	0,38	0,33
1,05	0,40	0,35
1,20	0,42	0,37
1,50	0,43	0,38
1,80	0,45	0,40
2,10	0,47	0,41
2,40	0,50	0,43
2,70	0,51	0,44
3,00	0,53	0,45
3,60	0,54	0,45
4,20	0,55	0,46
4,80	0,55	0,46
5,40	0,55	0,45
6,00	0,56	0,45

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,14	0,08
0,06	0,18	0,11
0,12	0,22	0,13
0,18	0,27	0,16
0,30	0,32	0,19
0,45	0,36	0,21
0,60	0,39	0,23
0,75	0,45	0,27
0,90	0,50	0,30
1,05	0,54	0,32
1,20	0,56	0,33
1,50	0,59	0,35
1,80	0,62	0,36
2,10	0,65	0,38
2,40	0,68	0,39
2,70	0,71	0,41
3,00	0,73	0,42
3,60	0,74	0,42
4,20	0,75	0,42
4,80	0,76	0,42
5,40	0,77	0,42
6,00	0,78	0,42

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



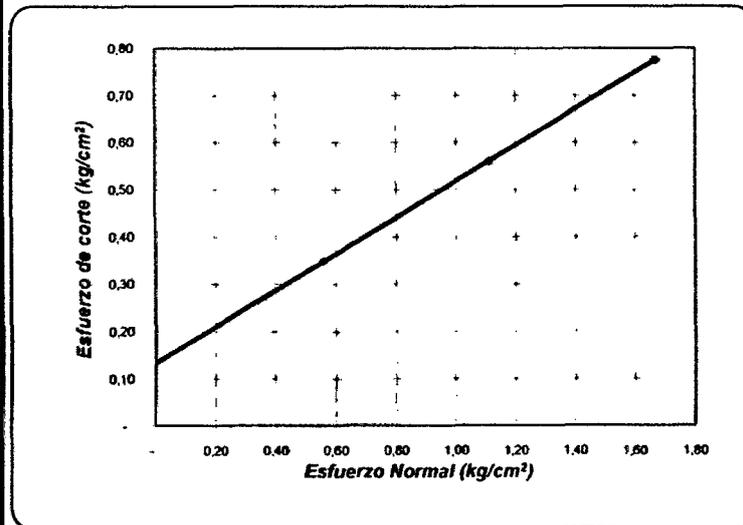
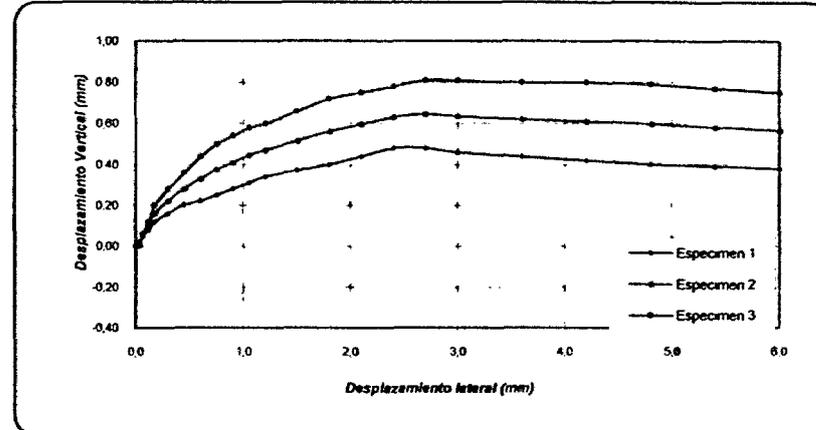
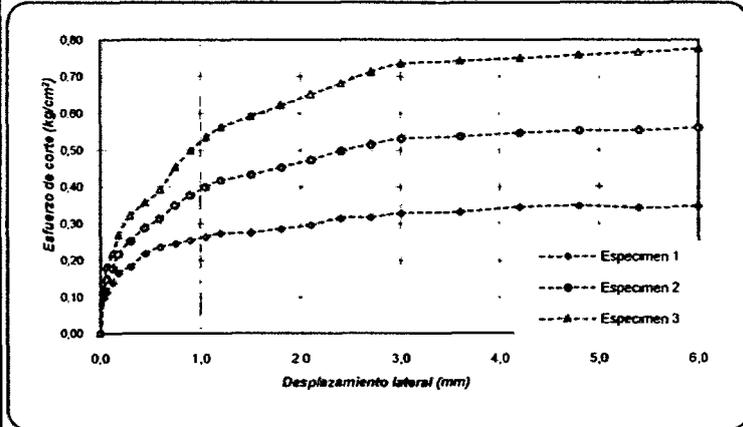
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014.

Sondaje : C -08 M III

Profundidad : 1.00 - 3.00 m

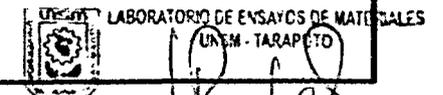
Muestra : M-III

Estado : INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,35	0,56	0,78

Resultados:

Cohesión (c):	0,13 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	21 °



IVAN GUSTAVO REATFGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 09

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521353-521364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,50 - 1,10 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez Calicata: C-09 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural

ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	60	66	63
PESO DE LATA grs	20,40	20,50	20,40
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,20	121,30	121,60
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	113,70	113,80	114,10
PESO DEL AGUA grs	7,50	7,50	7,50
PESO DEL SUELO SECO grs	93,30	93,30	93,70
% DE HUMEDAD	8,04	8,04	8,00
PROMEDIO % DE HUMEDAD	8,03		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos

ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico

ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PATEGUI ACEO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12703
 JEFE DE LABORATORIO



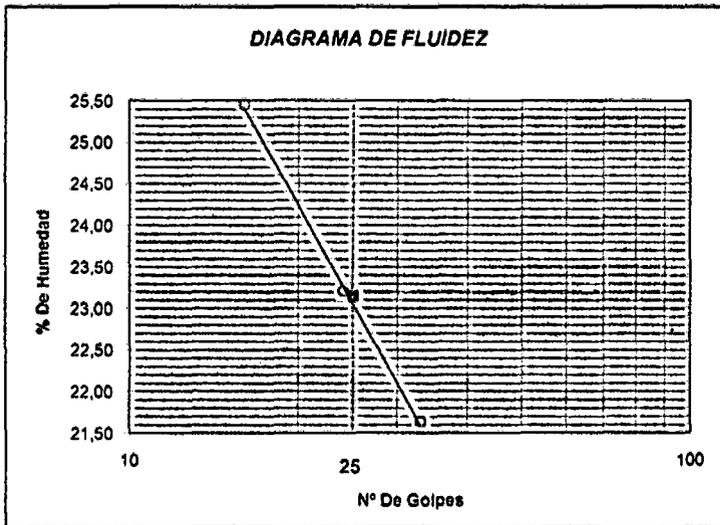
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 06 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhotta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperhotta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,50 -1,10 m
Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-09 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	84	1	98
PESO DE LATA grs	10,72	10,75	10,78
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,55	43,83	43,39
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	36,89	37,60	37,59
PESO DEL AGUA grs	6,66	6,23	5,80
PESO DEL SUELO SECO grs	26,17	26,85	26,81
% DE HUMEDAD	25,45	23,20	21,63
NUMERO DE GOLPES	16	24	33

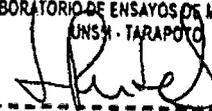


Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	23,14
Límite Plástico (%)	14,81
Indice de Plasticidad Ip (%)	8,33
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-4(0)
Indice de consistencia IC	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	52	53	54
PESO DE LATA grs	10,39	10,72	10,64
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	34,08	30,10	35,05
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	31,03	27,60	31,90
PESO DEL AGUA grs	3,06	2,50	3,15
PESO DEL SUELO SECO grs	20,64	16,88	21,26
% DE HUMEDAD	14,80	14,81	14,82
% PROMEDIO		14,81	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL. CIP N° 12706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821363-821384 ANEXO 20
 lemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,50 - 1,10 m Calicata: C-09 M II
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

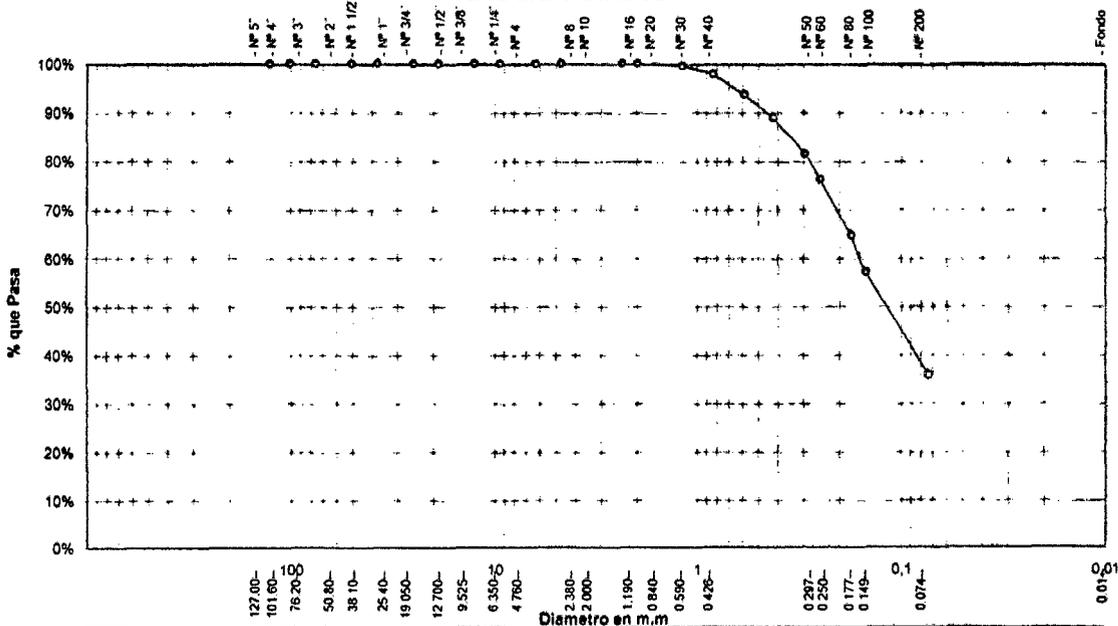
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que	Especificaciones	Tamaño Máximo
Ø (mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa		
5"	127,00					
4"	101,60					
3"	76,20					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40					
3/4"	19,050					
1/2"	12,700					
3/8"	9,525					
1/4"	6,350					
Nº 4	4,750					
Nº 8	2,380			100,00%		
Nº 10	2,000	0,08	0,03%	0,03%	99,97%	
Nº 16	1,190	1,45	0,49%	0,51%	99,49%	
Nº 20	0,840	4,99	1,66%	2,18%	97,82%	
Nº 30	0,590	12,39	4,13%	6,31%	93,69%	
Nº 40	0,426	14,33	4,78%	11,08%	88,92%	
Nº 50	0,297	22,46	7,49%	18,57%	81,43%	
Nº 60	0,250	15,64	5,21%	23,78%	76,22%	
Nº 80	0,177	34,50	11,50%	35,28%	64,72%	
Nº 100	0,149	22,59	7,53%	42,81%	57,19%	
Nº 200	0,074	83,82	21,21%	64,02%	35,98%	
Fondo	0,01	107,94	35,98%	100,00%	0,00%	
TOTAL	300,00					

Modulo de Fineza AF:	
Modulo de Fineza AG:	
Equivalente de Arenas:	
Descripción Muestra:	
Grupo suelos partículas gruesas	Sub-Grupo: Arenas
Arena arcillosa con matriz de arcilla color marrón	
SC A	
SUCS =	SC
AASHTO =	A-4(0)
LL =	23,14
WT =	111,40
LP =	14,81
WT+SAL =	411,40
IP =	8,33
WSAL =	300,00
IG =	0
WT+SDL =	303,46
WSDL =	192,06
%ARC =	35,98
%ERR =	0,00
Cc =	
Cu =	

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO			
El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de consistencia media con finos de 35,98%, de plasticidad baja, LL = 23,14%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Numero de tarro =	73	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	111,4	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	411,4	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	411,4	% Humedad Muestra =	0,00

Curva Granulometrica



Piedras mayores 3"	GRAVA		GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA		ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	LIMO



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 12103
 JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521353-521354 ANEXO 20

lemunem2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena ArcillosaProf. de la Muestra: 1,10 -3,00 mHecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-09 M III

Fecha: 29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	61	77	81
PESO DE LATA grs	20,40	20,40	20,30
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,40	121,40	122,20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	110,00	110,00	110,65
PESO DEL AGUA grs	11,40	11,40	11,55
PESO DEL SUELO SECO grs	88,60	88,60	90,35
% DE HUMEDAD	12,72	12,72	12,78
PROMEDIO % DE HUMEDAD	12,74		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12705
JEFE DE LABORATORIO



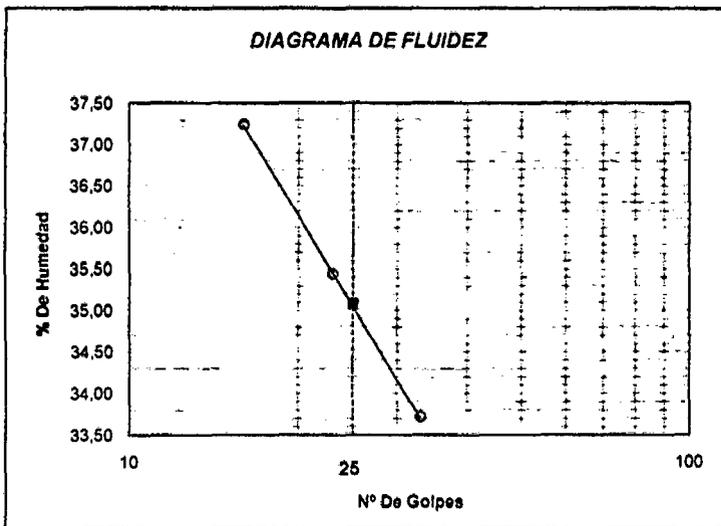
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,10 -3,00 m
Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: _____ Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	43	41	8
PESO DE LATA grs	10,65	10,71	10,68
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	41,35	41,71	41,22
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	33,02	33,60	33,52
PESO DEL AGUA grs	8,33	8,11	7,70
PESO DEL SUELO SECO grs	22,37	22,89	22,84
% DE HUMEDAD	37,24	35,43	33,71
NUMERO DE GOLPES	16	23	33



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	35,07
Límite Plástico (%)	18,35
Indice de Plasticidad Ip (%)	16,72
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-8(3)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	62	63	64
PESO DE LATA grs	10,47	10,60	10,59
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	30,99	28,59	33,07
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	27,81	25,80	29,59
PESO DEL AGUA grs	3,18	2,79	3,49
PESO DEL SUELO SECO grs	17,34	15,20	19,00
% DE HUMEDAD	18,34	18,38	18,35
% PROMEDIO		18,35	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12103
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821363-821364 ANEXO 20
 lamunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.

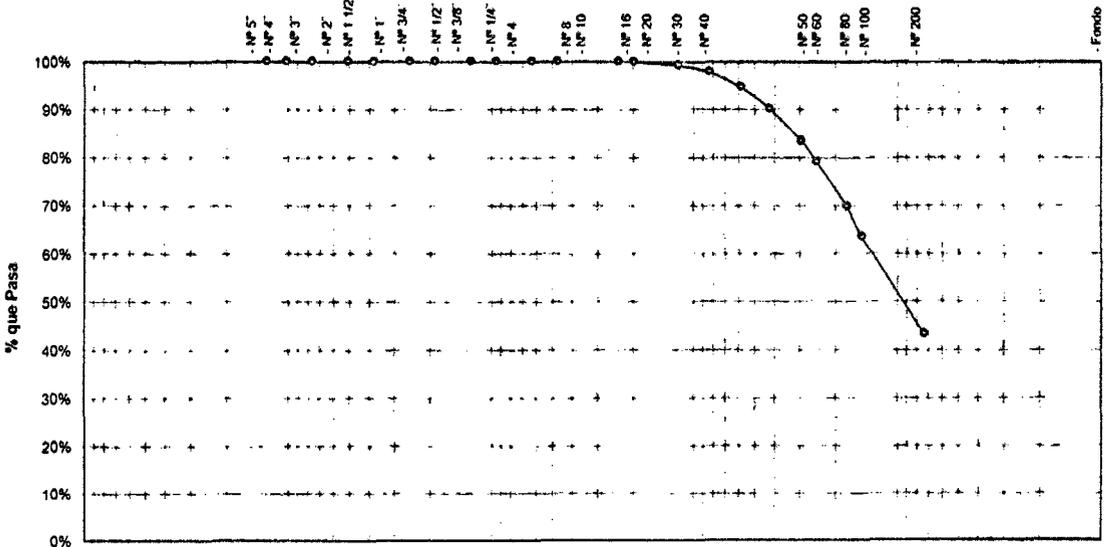
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,10 -3,00 m Calicata: C-09 M III
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
5" (127,00)						Modulo de Fineza AF:
4" (101,60)						Modulo de Fineza AG:
3" (76,20)						Equivalente de Arena:
2" (50,80)						Descripción Muestra:
1 1/2" (38,10)						Grupo suelos partículas gruesas
1" (25,40)						Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
3/4" (19,05)						Sub-Grupo Arenas
1/2" (12,70)						SC A
3/8" (9,52)						SUCS = SC
1/4" (6,35)						AASHTO = A-6(3)
Nº 4 (4,75)				100,00%		LL = 35,07
Nº 8 (2,38)	0,15	0,05%	0,05%	99,95%		LP = 16,35
Nº 10 (2,00)	0,30	0,10%	0,15%	99,85%		IP = 16,72
Nº 16 (1,19)	2,10	0,70%	0,85%	99,15%		IG = 3
Nº 20 (0,84)	4,00	1,33%	2,18%	97,82%		D 90 =
Nº 30 (0,59)	9,41	3,14%	5,32%	94,68%		D 60 =
Nº 40 (0,42)	13,67	4,56%	9,88%	90,12%		D 30 =
Nº 50 (0,29)	19,84	6,81%	16,69%	83,51%		D 10 =
Nº 60 (0,25)	12,83	4,28%	20,77%	79,23%		
Nº 80 (0,17)	28,08	9,36%	30,13%	69,87%		
Nº 100 (0,14)	18,95	6,32%	36,44%	63,56%		
Nº 200 (0,07)	81,16	20,39%	56,83%	43,17%		
Fondo	129,51	43,17%	100,00%	0,00%		
TOTAL	300,00				A B	

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO	
El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 43,17%, de plasticidad media, LL = 35,07%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena	
% de Humedad Natural de la muestra ensayada	
Numero de tarro = 55	Peso del agua = 0
Peso del tarro = 107,4	Peso suelo húmedo = 300
Peso del tarro + Mh = 407,4	Peso suelo seco = 300
Peso del tarro + Ms = 407,4	% Humedad Muestra = 0,00

Curva Granulometrica



Diametro en m.m.						
127,00	101,60	76,20	50,80	38,10	25,40	19,05
12,700	9,525	6,350	4,750	2,380	2,000	1,190
0,840	0,590	0,426	0,297	0,250	0,177	0,149
0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,01

Piedras mayores 3"	GRAVA	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	ARENA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM										
Clasificación - AASHTO										



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21
 TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
UBICACION : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
HORA DE ENSAYO 6:10 PM

CALICATA: C - 09 M III
 Muestra: M III

Profundidad: 1.10-3.00 m
 Estado: INALTERADO

Velocidad: 0.5 mm/min
 Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
 Lado: 60,00 mm
 D. Seca: 1,53 gr/cm³
 Humedad: 12,68 %
 Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,61 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
 Lado: 60,00 mm
 D. Seca: 1,53 gr/cm³
 Humedad: 12,67 %
 Esf. Normal: 1,67 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,88 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
 Lado: 60,00 mm
 D. Seca: 1,53 gr/cm³
 Humedad: 12,66 %
 Esf. Normal: 2,22 kg/cm²
 Esf. Corte: 1,14 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,09
0,06	0,16	0,14
0,12	0,18	0,16
0,18	0,21	0,19
0,30	0,24	0,21
0,45	0,27	0,24
0,60	0,31	0,28
0,75	0,34	0,30
0,90	0,37	0,33
1,05	0,40	0,35
1,20	0,42	0,37
1,50	0,45	0,40
1,80	0,48	0,42
2,10	0,51	0,44
2,40	0,55	0,47
2,70	0,55	0,47
3,00	0,56	0,48
3,60	0,58	0,49
4,20	0,59	0,50
4,80	0,61	0,50
5,40	0,61	0,50
6,00	0,61	0,50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,17	0,10
0,06	0,25	0,15
0,12	0,32	0,19
0,18	0,37	0,22
0,30	0,44	0,26
0,45	0,49	0,29
0,60	0,54	0,32
0,75	0,58	0,35
0,90	0,61	0,36
1,05	0,65	0,39
1,20	0,68	0,40
1,50	0,70	0,41
1,80	0,74	0,43
2,10	0,76	0,44
2,40	0,79	0,46
2,70	0,81	0,46
3,00	0,82	0,47
3,60	0,83	0,47
4,20	0,85	0,47
4,80	0,86	0,48
5,40	0,87	0,47
6,00	0,88	0,47

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,23	0,11
0,06	0,34	0,15
0,12	0,45	0,20
0,18	0,54	0,24
0,30	0,65	0,29
0,45	0,71	0,32
0,60	0,77	0,34
0,75	0,83	0,37
0,90	0,85	0,38
1,05	0,91	0,40
1,20	0,93	0,41
1,50	0,94	0,41
1,80	0,99	0,43
2,10	1,02	0,44
2,40	1,04	0,45
2,70	1,06	0,46
3,00	1,07	0,46
3,60	1,09	0,46
4,20	1,10	0,46
4,80	1,11	0,46
5,40	1,13	0,46
6,00	1,14	0,46

OBSERVACIONES: La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12103
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

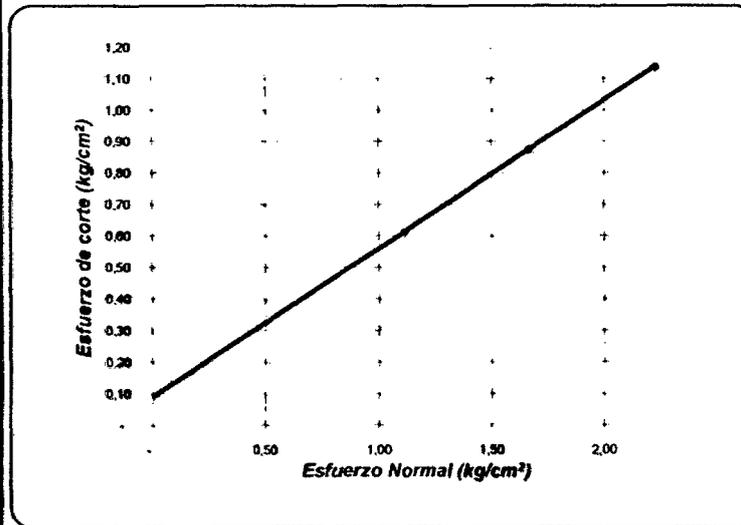
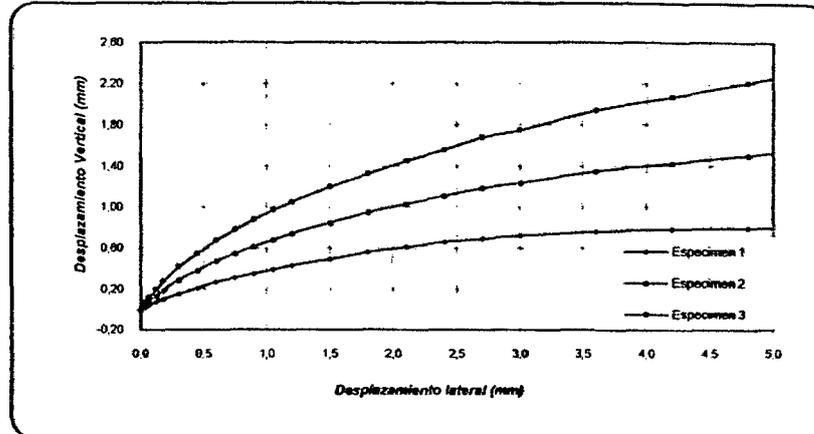
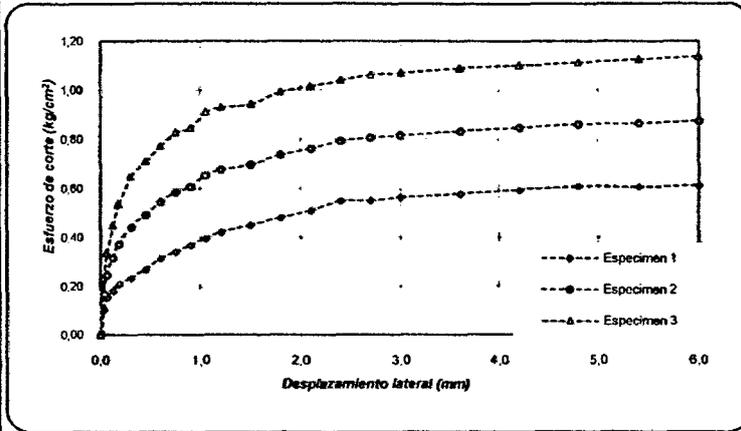
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21

TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje : C - 09 M III

Profundidad : 1.10-3.00 m

Muestra : M III

Estado : INALTERADO

Nº ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	1,11	1,67	2,22
Esfuerzo de corte	0,61	0,88	1,14

Resultados:

Cohesión (c):	0,10 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	25 °



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

TARAPOTO

ING. GUSTAVO MATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72703
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 10

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena ArcillosaProf. de la Muestra: 0,30 -3,00 mHecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-10 M II

Fecha: 29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	50	52	55
PESO DE LATA grs	20,50	20,40	20,90
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,30	126,00	124,20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	112,30	116,50	114,95
PESO DEL AGUA grs	9,00	9,50	9,25
PESO DEL SUELO SECO grs	91,80	96,10	94,05
% DE HUMEDAD	9,80	9,89	9,84
PROMEDIO % DE HUMEDAD	9,84		

Determinación del Gravedad Específico de Sólidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA. °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



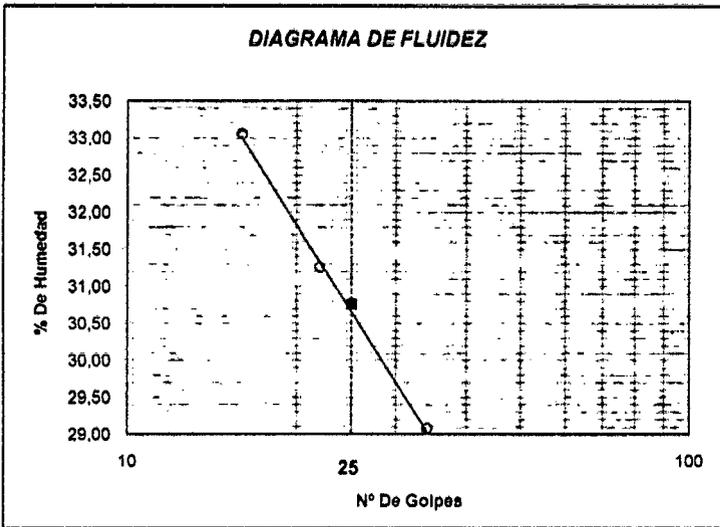
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhotta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperhotta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 -3,00 m
Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-10 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	13	76	77
PESO DE LATA grs	10,65	10,72	10,74
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,62	43,48	43,86
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	35,43	35,68	36,40
PESO DEL AGUA grs	8,19	7,80	7,46
PESO DEL SUELO SECO grs	24,78	24,96	25,66
% DE HUMEDAD	33,05	31,25	29,07
NUMERO DE GOLPES	16	22	34



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	30,76
Límite Plástico (%)	16,17
Índice de Plasticidad Ip (%)	14,59
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(3)
Índice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	55	56	57
PESO DE LATA grs	10,74	10,57	10,90
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	33,97	31,05	35,60
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	30,74	28,20	32,16
PESO DEL AGUA grs	3,23	2,85	3,44
PESO DEL SUELO SECO grs	20,00	17,63	21,26
% DE HUMEDAD	16,15	16,17	16,18
% PROMEDIO		16,17	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo Nº	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO RFATEGUIACEDO
INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

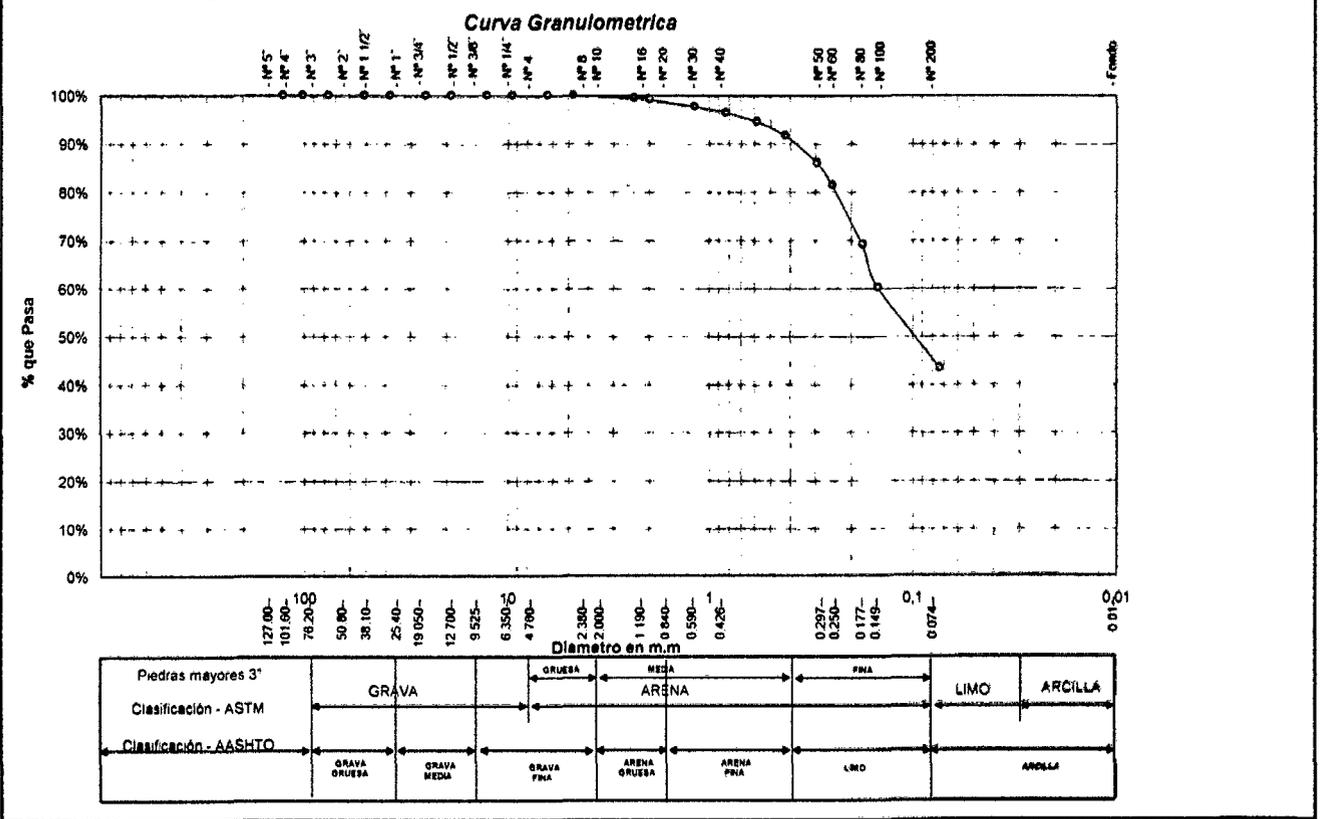
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521353-521354 ANEXO 20
 jemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 -3,00 m Calicata: C-10 M II
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo	Modulo de Fines AF	Modulo de Fines AG	Equivalente de Arena
8"	127,00								
4"	101,60								
3"	76,20								
2"	50,80								
1 1/2"	38,10								
1"	26,40								
3/4"	19,050								
1/2"	12,700								
3/8"	9,525								
1/4"	6,350								
Nº 4	4,760			100,00%					
Nº 8	2,380	1,82	0,61%	0,61%	99,39%				
Nº 10	2,000	0,74	0,25%	0,85%	99,15%				
Nº 16	1,190	4,58	1,53%	2,38%	97,62%				
Nº 20	0,840	3,81	1,20%	3,58%	96,42%				
Nº 30	0,590	5,61	1,87%	5,45%	94,55%				
Nº 40	0,426	8,69	2,89%	8,35%	91,65%				
Nº 60	0,297	16,90	5,83%	13,98%	86,02%				
Nº 80	0,250	13,71	4,57%	18,55%	81,45%				
Nº 100	0,177	37,42	12,47%	31,02%	68,98%				
Nº 200	0,074	50,23	16,74%	56,54%	43,46%				
Fondo	0,01	130,39	43,46%	100,00%	0,00%				
TOTAL	300,00								

DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO			
El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de consistencia media con finos de 43,46%, de plasticidad media, LL = 30,76%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena			
% de Humedad Natural de la muestra ensayada			
Numero de tarro =	37	Peso del agua	0
Peso del tarro =	109,9	Peso suelo húmedo	300
Peso del tarro + Mh =	409,9	Peso suelo seco	300
Peso del tarro + Ms =	409,9	% Humedad Muestra	0,00



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

 IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 12108
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21

TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T DESCRIPCION DEL SUELO: ARENA ARCILLOSA
 TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
 ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
 UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN DISPOSITIVO UTILIZADO : ELECTRONICO
 FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 HORA DE ENSAYO 8:20 AM

CALICATA: C -10 M II

Profundidad : 0.30 - 3.00 m

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : M-II

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
 Lado : 60,00 mm
 D. Seca: 1,62 gr/cm³
 Humedad: 13,01 %
 Esf. Normal : 0,56 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,36 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
 Lado : 60,00 mm
 D. Seca: 1,63 gr/cm³
 Humedad: 13,13 %
 Esf. Normal : 1,11 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,59 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
 Lado : 60,00 mm
 D. Seca: 1,60 gr/cm³
 Humedad: 13,23 %
 Esf. Normal : 1,67 kg/cm²
 Esf. Corte: 0,83 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,21
0,06	0,13	0,24
0,12	0,15	0,27
0,18	0,17	0,31
0,30	0,19	0,34
0,45	0,23	0,41
0,60	0,25	0,44
0,75	0,25	0,45
0,90	0,26	0,47
1,05	0,27	0,48
1,20	0,28	0,50
1,50	0,29	0,51
1,80	0,30	0,53
2,10	0,31	0,53
2,40	0,32	0,56
2,70	0,33	0,56
3,00	0,34	0,58
3,60	0,34	0,58
4,20	0,35	0,59
4,80	0,36	0,59
5,40	0,35	0,58
6,00	0,36	0,58

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,13	0,12
0,06	0,16	0,15
0,12	0,19	0,17
0,18	0,23	0,21
0,30	0,27	0,24
0,45	0,30	0,27
0,60	0,33	0,29
0,75	0,36	0,32
0,90	0,39	0,35
1,05	0,41	0,37
1,20	0,43	0,38
1,50	0,45	0,40
1,80	0,47	0,41
2,10	0,49	0,42
2,40	0,51	0,44
2,70	0,53	0,45
3,00	0,54	0,47
3,60	0,55	0,47
4,20	0,57	0,48
4,80	0,58	0,48
5,40	0,59	0,48
6,00	0,59	0,48

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,15	0,09
0,06	0,19	0,11
0,12	0,23	0,14
0,18	0,29	0,17
0,30	0,34	0,20
0,45	0,37	0,22
0,60	0,41	0,24
0,75	0,47	0,28
0,90	0,52	0,31
1,05	0,55	0,33
1,20	0,58	0,34
1,50	0,61	0,36
1,80	0,64	0,37
2,10	0,67	0,39
2,40	0,70	0,40
2,70	0,73	0,42
3,00	0,75	0,43
3,60	0,76	0,43
4,20	0,79	0,44
4,80	0,80	0,44
5,40	0,82	0,45
6,00	0,83	0,45

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
 JEFE DE LABORATORIO



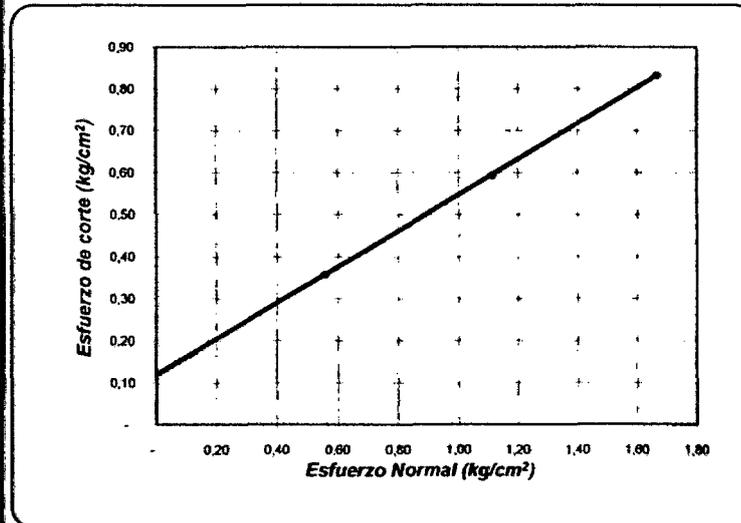
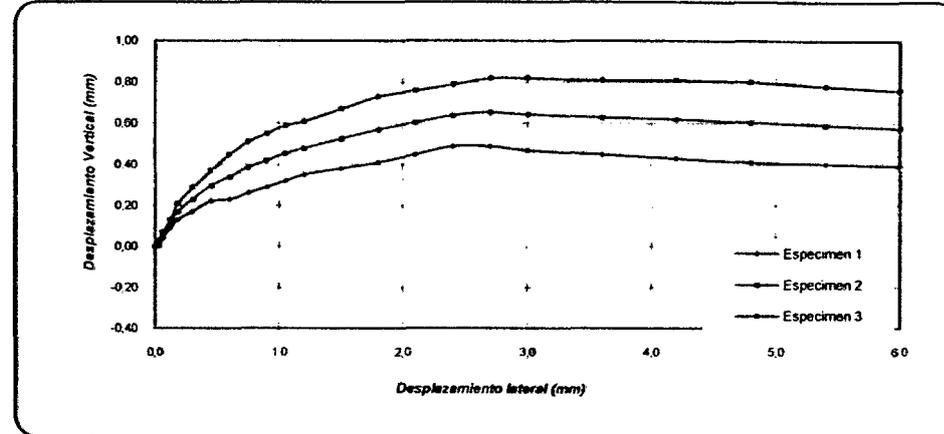
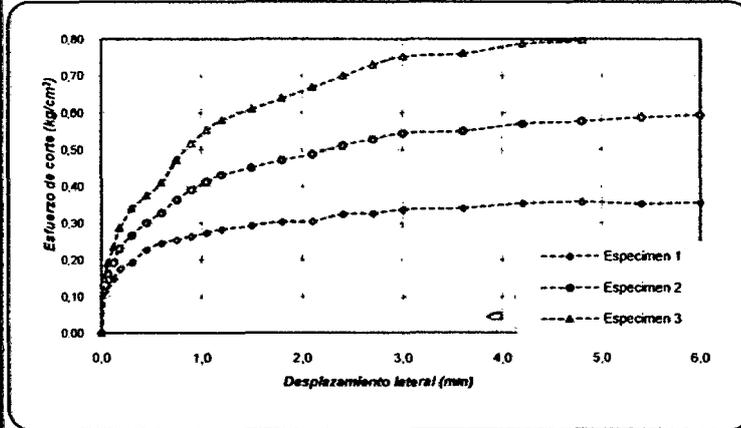
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,

DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN: SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje: C-10 M II

Profundidad: 0.30 - 3.00 m

Muestra: M-II

Estado: INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,36	0,59	0,83

Resultados:

Cohesión (c):	0,12 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	23 °

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO
IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO DE MATERIALES
LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 11

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN****LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lamunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Limosa Arcillosa

Prof. de la Muestra: _____

0,30 -0,90 mHecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-11 M II

Fecha: _____

29/08/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	6	38	46
PESO DE LATA grs	20,70	20,60	20,50
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	131,00	129,00	124,10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	122,30	120,40	115,90
PESO DEL AGUA grs	8,70	8,60	8,20
PESO DEL SUELO SECO grs	101,60	99,80	95,40
% DE HUMEDAD	8,56	8,62	8,60
PROMEDIO % DE HUMEDAD	8,69		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72765
JEFE DE LABORATORIO



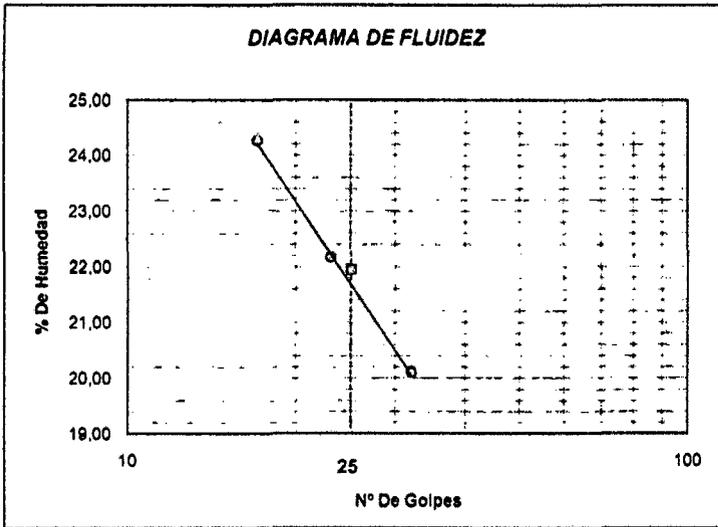
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Limosa Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0.30 -0.90 m
Hecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-11 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	3	20	14
PESO DE LATA grs	10,66	10,86	10,76
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	44,48	44,88	44,10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	37,88	38,71	38,52
PESO DEL AGUA grs	6,60	6,17	5,58
PESO DEL SUELO SECO grs	27,22	27,85	27,78
% DE HUMEDAD	24,25	22,15	20,10
NUMERO DE GOLPES	17	23	32



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	21.93
Límite Plástico (%)	16.77
Indice de Plasticidad Ip (%)	5.16
Clasificación SUCS	SM-SC
Clasificación AASHTO	A-4(0)
Indice de consistencia I _c	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	22	23	24
PESO DE LATA grs	10,80	10,77	10,74
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,66	30,36	33,55
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,63	27,50	30,22
PESO DEL AGUA grs	3,04	2,86	3,33
PESO DEL SUELO SECO grs	18,83	16,73	19,48
% DE HUMEDAD	16,12	17,10	17,09
% PROMEDIO		16,77	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm ³	
Volumen Final (Suelo Seco) cm ³	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521353-521354 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje:

Descripción del Suelo: Suelo Arena Limosa Arcillosa

Profundidad de la Muestra

0,30 - 0,90 m

Calicata:

C-11 M II

Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Fecha:

29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
Ø (mm)					
5"	127,00				Tamaño Máximo:
4"	101,60				Modulo de Fineza AF:
3"	76,20				Modulo de Fineza AG:
2"	50,80				Equivalente de Arena:
1 1/2"	38,10				Descripción Muestra:
1"	26,40				Grupo suelos particulares gruesas
3/4"	19,050				Sub-Grupo: Arenas
1/2"	12,700				SM-SC A-4(0)
3/8"	9,525				Arena limosa-arcillosa con matriz de arcilla color marrón
1/4"	6,950				SUCS = SM-SC AASHTO = A-4(0)
Nº 4	4,780			100,00%	LL = 21,93 WT = 78,50
Nº 8	2,380	0,91	0,30%	99,70%	LP = 16,77 WT+SAL = 378,50
Nº 10	2,000	0,51	0,17%	99,53%	IP = 5,16 WSAL = 300,00
Nº 16	1,180	4,55	1,52%	98,01%	IG = 0 WT+SDL = 287,85
Nº 20	0,840	7,18	2,39%	95,62%	WSDL = 189,15
Nº 30	0,590	14,30	4,77%	90,85%	%ARG = 36,95
Nº 40	0,426	12,30	4,10%	86,75%	%ERR = 0,00
Nº 60	0,287	20,37	6,79%	79,96%	
Nº 80	0,250	15,67	5,22%	74,74%	
Nº 100	0,177	37,29	12,43%	62,31%	
Nº 200	0,074	51,28	17,09%	48,95%	
Fondo	0,01	110,85	38,95%	100,00%	
TOTAL	300,00				

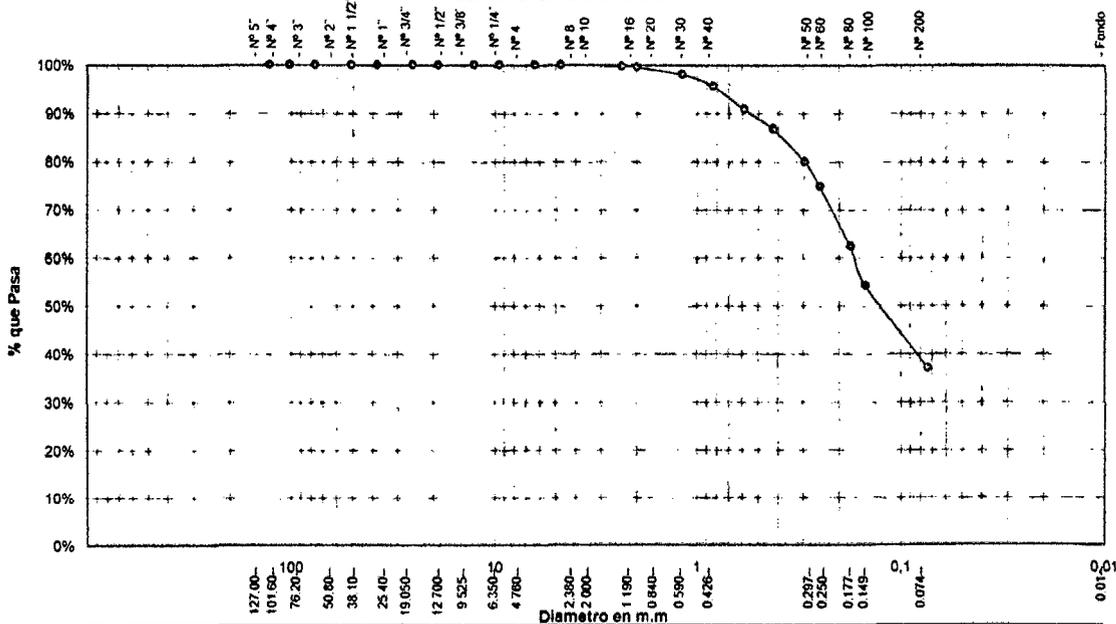
DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO

suelo arena limo arcillosa, mezcla de arena, limo y arcilla de compacidad media con 36,95% de finos, color marrón oscuro de plasticidad baja LL=21,93%, de densidad natural media, con matriz de arena media a fina con una resistencia al corte de regular a buena

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Numero de tarro =	17	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	78,5	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	378,5	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	378,5	% Humedad Muestra =	0,00

Curva Granulometrica



Piedras mayores 3"	GRAVA		GRUESA	MEJA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA		ARENA GRUESA	ARENA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Acedo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,90 -3,00 m
 Hecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-11 M III Fecha: 29/08/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	5	7	20
PESO DE LATA grs	20,40	20,70	20,60
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	129,20	129,40	132,00
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	116,60	116,60	119,10
PESO DEL AGUA grs	12,60	12,80	12,90
PESO DEL SUELO SECO grs	98,20	95,80	98,50
% DE HUMEDAD	13,10	13,35	13,10
PROMEDIO % DE HUMEDAD	13,18		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos ASTM D-864

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO Rofategui ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
 JEFE DE LABORATORIO



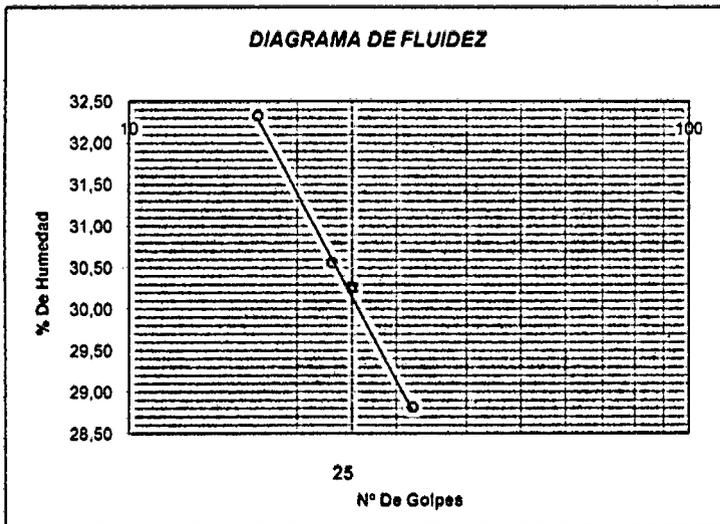
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
 lemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,90 -3,00 m
 Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-11 M.III Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	50	28	39
PESO DE LATA grs	10,65	10,70	10,74
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	42,58	42,62	42,71
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34,78	35,15	35,56
PESO DEL AGUA grs	7,80	7,47	7,15
PESO DEL SUELO SECO grs	24,13	24,45	24,82
% DE HUMEDAD	32,32	30,55	28,81
NUMERO DE GOLPES	17	23	32



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	30,25
Límite Plástico (%)	16,44
Indice de Plasticidad Ip (%)	13,81
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(3)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	64	65	66
PESO DE LATA grs	10,23	10,80	10,77
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,50	29,43	33,66
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,36	26,80	30,43
PESO DEL AGUA grs	3,14	2,63	3,23
PESO DEL SUELO SECO grs	19,13	16,00	19,66
% DE HUMEDAD	16,44	16,44	16,43
% PROMEDIO		16,44	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Acedo
 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72703
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521384 ANEXO 20

lamunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: _____

Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: C-11 M III
Fecha: 29/08/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

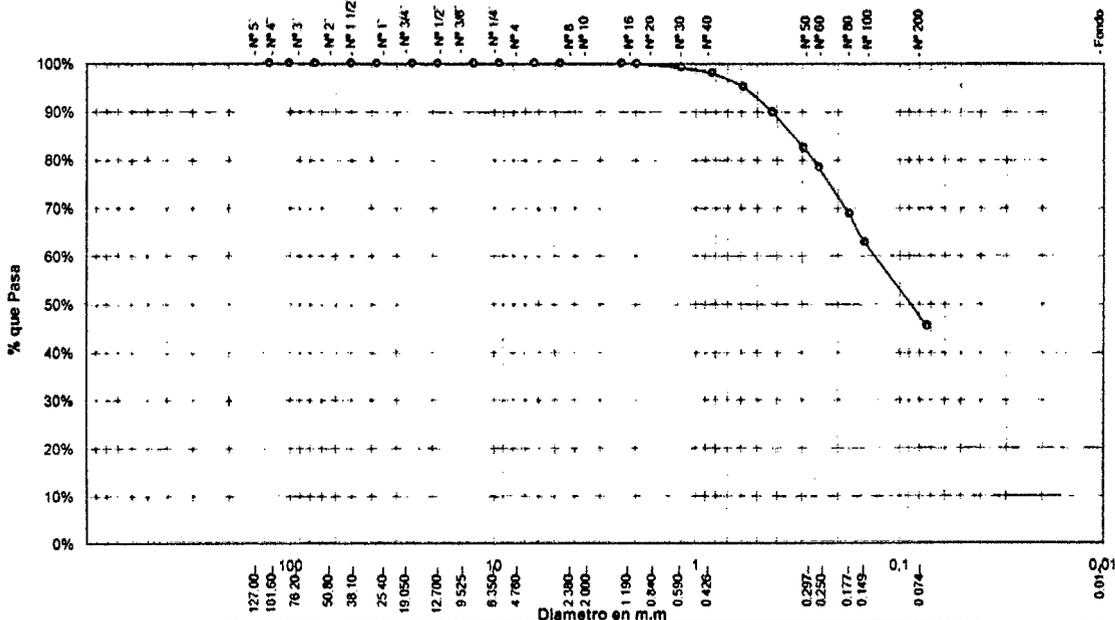
Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
5"	127,00					Modulo de Fineza AF
4"	101,60					Modulo de Fineza AG
3"	76,20					Equivalente de Arena:
2"	50,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas gruesas
1"	25,40					Sub-Grupo: Arenas
3/4"	19,050					SC A
1/2"	12,700					Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
3/8"	9,525					SUCS = SC
1/4"	6,350					AASHTO = A-6(3)
Nº 4	4,780			100,00%		LL = 30,25
Nº 8	2,380	0,21	0,07%	99,93%		WT = 89,20
Nº 10	2,000	0,27	0,09%	99,84%		WT+SAL = 388,20
Nº 16	1,190	2,16	0,72%	99,12%		WSAL = 300,00
Nº 20	0,840	3,51	1,17%	97,95%		WT+SDL = 251,85
Nº 30	0,590	8,45	2,82%	95,13%		WSDL = 163,65
Nº 40	0,426	15,65	5,22%	89,92%		%ARC = 45,45
Nº 60	0,297	22,21	7,40%	82,51%		%ERR = 0,00
Nº 80	0,250	12,27	4,09%	78,42%		Cc =
Nº 100	0,177	29,15	9,72%	68,70%		Cu =
Nº 200	0,074	52,20	17,40%	45,45%		
Fondo	0,01	136,35	45,45%	100,00%	0,00%	
TOTAL	300,00					

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 45,45%, de plasticidad media, LL = 30,25%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Numero de tarro =	5	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	88,2	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	388,2	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Me =	388,2	% Humedad Muestr =	0,00

Curva Granulometrica



Piedras mayores 3"	GRAVA		GRUESA	MEDIA		FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA		ARENA GRUESA	ARENA MEDIA		ARENA FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO RFATFGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP Nº 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21

TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 9:30 AM

CALICATA: C-11 M III

Profundidad : 0.90 - 3.00 m

Velocidad : 0.5 mm/mln

Muestra : M-III

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,54 gr/cm³
Humedad: 13,84 %
Esf. Normal: 0,56 kg/cm²
Esf. Corte: 0,37 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,53 gr/cm³
Humedad: 13,92 %
Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,58 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,53 gr/cm³
Humedad: 13,91 %
Esf. Normal: 1,67 kg/cm²
Esf. Corte: 0,79 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,19
0,06	0,11	0,21
0,12	0,14	0,25
0,18	0,15	0,27
0,30	0,17	0,30
0,45	0,20	0,36
0,60	0,24	0,42
0,75	0,25	0,44
0,90	0,26	0,47
1,05	0,28	0,50
1,20	0,28	0,51
1,50	0,30	0,53
1,80	0,31	0,55
2,10	0,31	0,55
2,40	0,33	0,58
2,70	0,34	0,59
3,00	0,38	0,61
3,60	0,37	0,62
4,20	0,37	0,62
4,80	0,37	0,61
5,40	0,37	0,61
6,00	0,37	0,61

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,11
0,06	0,13	0,12
0,12	0,17	0,15
0,18	0,18	0,16
0,30	0,23	0,20
0,45	0,28	0,25
0,60	0,33	0,29
0,75	0,35	0,31
0,90	0,38	0,33
1,05	0,41	0,36
1,20	0,44	0,38
1,50	0,46	0,40
1,80	0,47	0,41
2,10	0,50	0,43
2,40	0,53	0,45
2,70	0,54	0,47
3,00	0,56	0,48
3,60	0,57	0,48
4,20	0,57	0,48
4,80	0,57	0,47
5,40	0,58	0,47
6,00	0,58	0,47

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/c)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,13	0,08
0,06	0,15	0,09
0,12	0,19	0,11
0,18	0,22	0,13
0,30	0,29	0,17
0,45	0,37	0,22
0,60	0,42	0,25
0,75	0,45	0,27
0,90	0,49	0,29
1,05	0,54	0,32
1,20	0,58	0,34
1,50	0,62	0,38
1,80	0,63	0,37
2,10	0,69	0,40
2,40	0,72	0,41
2,70	0,74	0,42
3,00	0,76	0,43
3,60	0,77	0,43
4,20	0,77	0,43
4,80	0,78	0,43
5,40	0,79	0,43
6,00	0,79	0,43

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72765
JEFE DE LABORATORIO

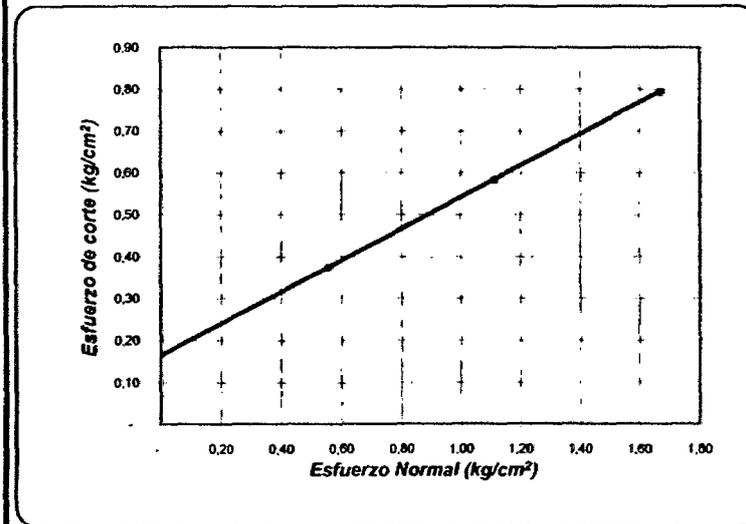
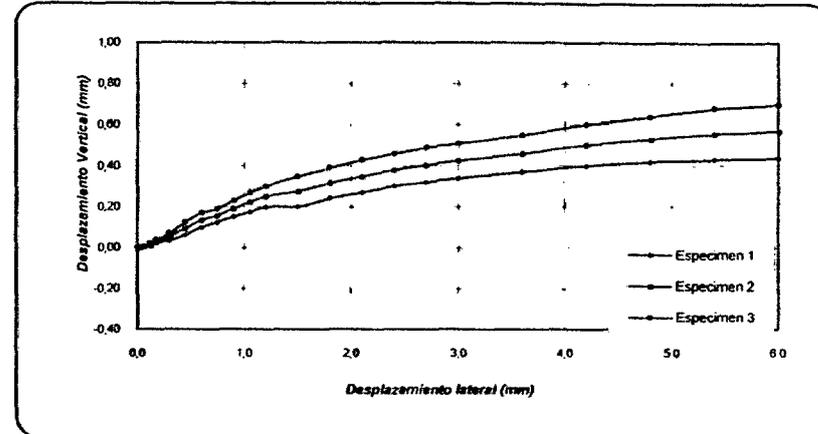
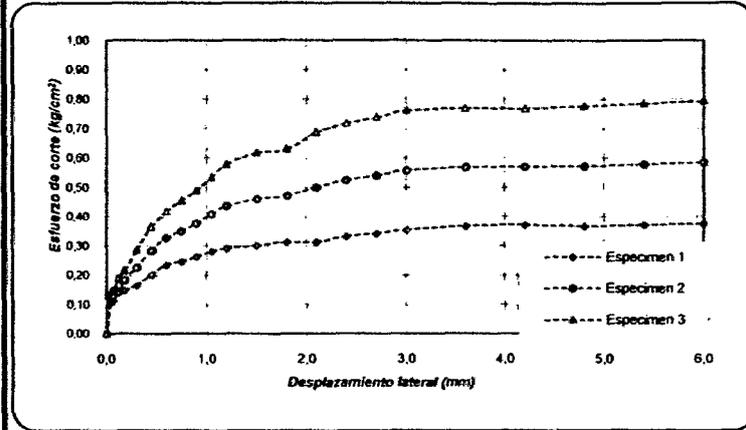


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje : C-11 M III

Profundidad : 0.90 - 3.00 m

Muestra : M-III

Estado : INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,37	0,58	0,79

Resultados:

Cohesión (c): 0,16 kg/cm²
Ang. Fricción (φ): 21 °



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 12

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 08 TELEFONO 821383-821384 ANEXO 20
 lemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,30 -0,90 m
 Hecho Por: Bach. Helyen del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-12 M.II Fecha: 28/08/2014.

Determinación del % de Humedad Natural **ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	32	37	39
PESO DE LATA grs	20,70	20,70	20,40
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	138,50	133,30	141,90
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	128,80	124,20	131,80
PESO DEL AGUA grs	9,70	9,10	10,00
PESO DEL SUELO SECO grs	108,10	103,50	111,50
% DE HUMEDAD	8,97	8,79	8,97
PROMEDIO % DE HUMEDAD	8,91		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos **ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SÓLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico **ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 INSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20

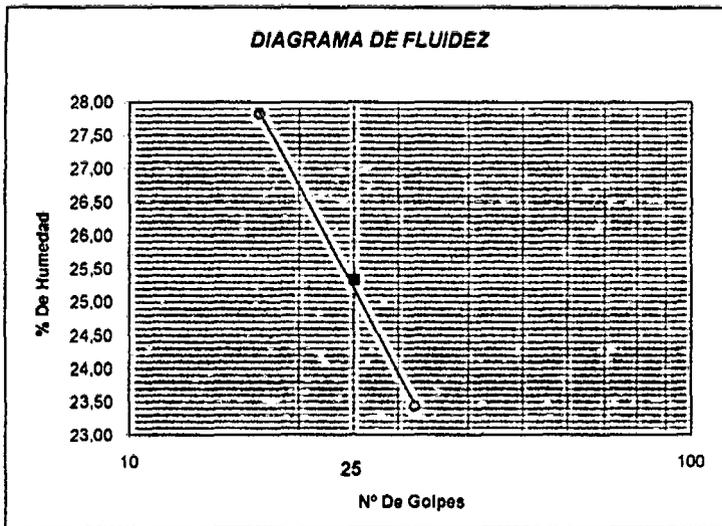
lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje:
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0.30 -0.90 m
 Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-12 M II Fecha: 29/08/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	37	18	19
PESO DE LATA grs	10.68	10.89	10.78
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43.25	43.40	43.45
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	36.16	36.83	37.25
PESO DEL AGUA grs	7.09	6.57	6.20
PESO DEL SUELO SECO grs	25.48	25.94	26.47
% DE HUMEDAD	27.83	25.33	23.42
NUMERO DE GOLPES	17	25	32



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	25.33
Límite Plástico (%)	16.46
Indice de Plasticidad Ip (%)	8.87
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-4(1)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	4	5	6
PESO DE LATA grs	10.49	10.73	10.65
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32.85	29.91	33.54
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29.69	27.20	30.30
PESO DEL AGUA grs	3.16	2.71	3.24
PESO DEL SUELO SECO grs	19.20	16.47	19.65
% DE HUMEDAD	16.46	16.45	16.48
% PROMEDIO	16.46		

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM, TARAPOTO

[Firma]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lasmusm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist Tarapoto, Prov San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 -0,90 m Caliceta: C-12 M II

Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 29/08/2014

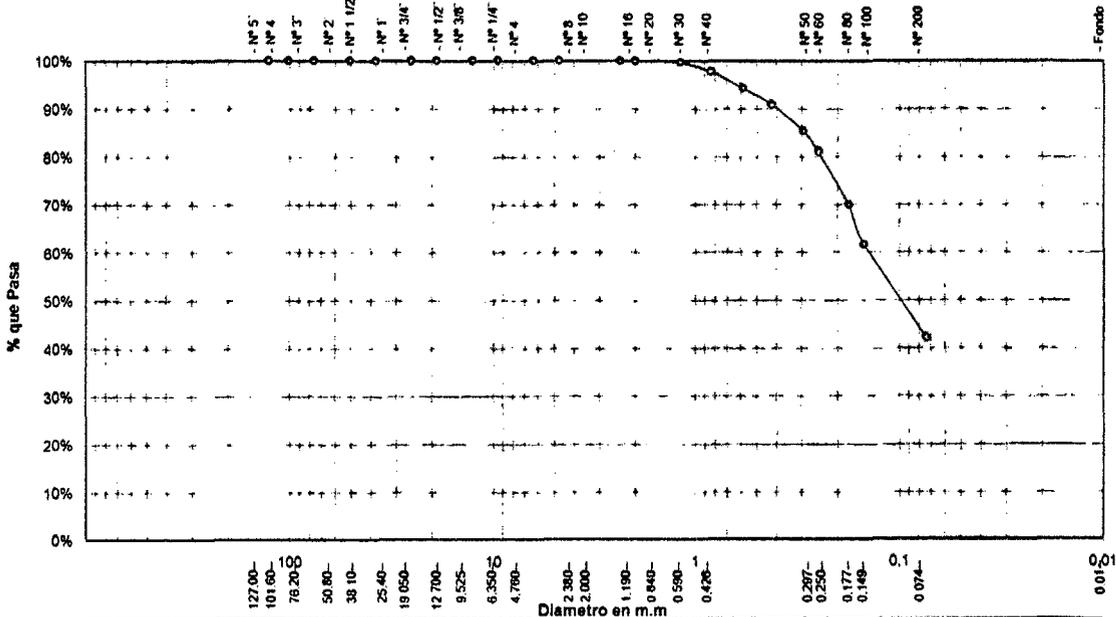
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo
Ø (mm)						
8"	127,00					Modulo de Fineza AF: _____
4"	101,60					Modulo de Fineza AG: _____
3"	76,20					Equivalente de Arena: _____
2"	50,80					Descripción Muestra: _____
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas gruesas
1"	25,40					Sub-Grupo: Arenas SC A-
3/4"	19,050					Arena arcillosa con matriz de arcilla color marrón
1/2"	12,700					SUCS = SC AASHTO = A-4(1)
3/8"	9,525					LL = 25,33 WT = 92,80
1/4"	6,350					LP = 16,48 WT+SAL = 302,80
Nº 4	4,750			100,00%		IP = 8,87 WSAL = 300,00
Nº 8	2,380	0,19	0,06%	99,94%		IG = 1 WT+SDL = 286,47
Nº 10	2,000	0,27	0,09%	99,85%		WSDL = 173,67
Nº 16	1,190	0,74	0,25%	99,60%		%ARC = 42,11
Nº 20	0,840	5,63	1,88%	97,72%		%ERR = 0,00
Nº 30	0,690	10,33	3,44%	94,28%		Cc = _____
Nº 40	0,426	10,20	3,40%	90,88%		Cu = _____
Nº 60	0,287	16,60	5,53%	85,35%		
Nº 80	0,280	12,88	4,30%	81,05%		
Nº 100	0,177	33,53	11,18%	69,87%		
Nº 200	0,074	58,47	19,49%	42,11%		
Fondo	0,01	126,33	42,11%	100,00%		
TOTAL	300,00				A B	

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
 El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 42,11%, de plasticidad baja, LL = 25,33%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.
 % de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro =	70	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	92,8	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	392,8	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	392,8	% Humedad Muestra =	0,00

Curva Granulometrica



Piedras mayores 3"	GRAVA		GRUEVA	MEDIA	ARENA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA		GRUEVA	MEDIA	ARENA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUEVA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUEVA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521384 ANEXO 20
lemunem2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillose Prof. de la Muestra: 0,90 -3,00 m
Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez, Calicata: C-12 M.III Fecha: 02/09/2014

Determinación del % de Humedad Natural **ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	24	34	54
PESO DE LATA grs	20,50	20,60	20,50
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	134,50	126,80	123,90
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	120,00	113,30	110,80
PESO DEL AGUA grs	14,50	13,50	13,30
PESO DEL SUELO SECO grs	99,50	92,70	90,10
% DE HUMEDAD	14,57	14,56	14,76
PROMEDIO % DE HUMEDAD	14,63		

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos **ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico **ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



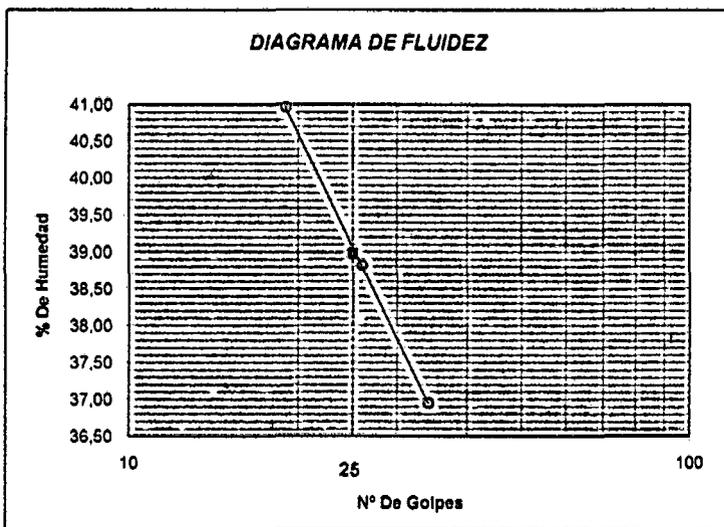
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,90 -3,00 m
Hecho Por : Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-12 M.III Fecha: 02/09/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	47	52	72
PESO DE LATA grs	10,71	10,75	10,77
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,03	42,69	42,35
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	33,64	33,76	33,83
PESO DEL AGUA grs	9,39	8,93	8,52
PESO DEL SUELO SECO grs	22,93	23,01	23,06
% DE HUMEDAD	40,95	38,81	36,95
NUMERO DE GOLPES	19	26	34



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	38,99
Límite Plástico (%)	20,62
Indice de Plasticidad Ip (%)	18,37
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(5)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	87	88	89
PESO DE LATA grs	10,82	10,85	10,70
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	34,15	30,93	35,90
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	30,16	27,50	31,59
PESO DEL AGUA grs	3,99	3,43	4,31
PESO DEL SUELO SECO grs	19,34	16,65	20,89
% DE HUMEDAD	20,63	20,60	20,63
% PROMEDIO		20,62	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12109
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

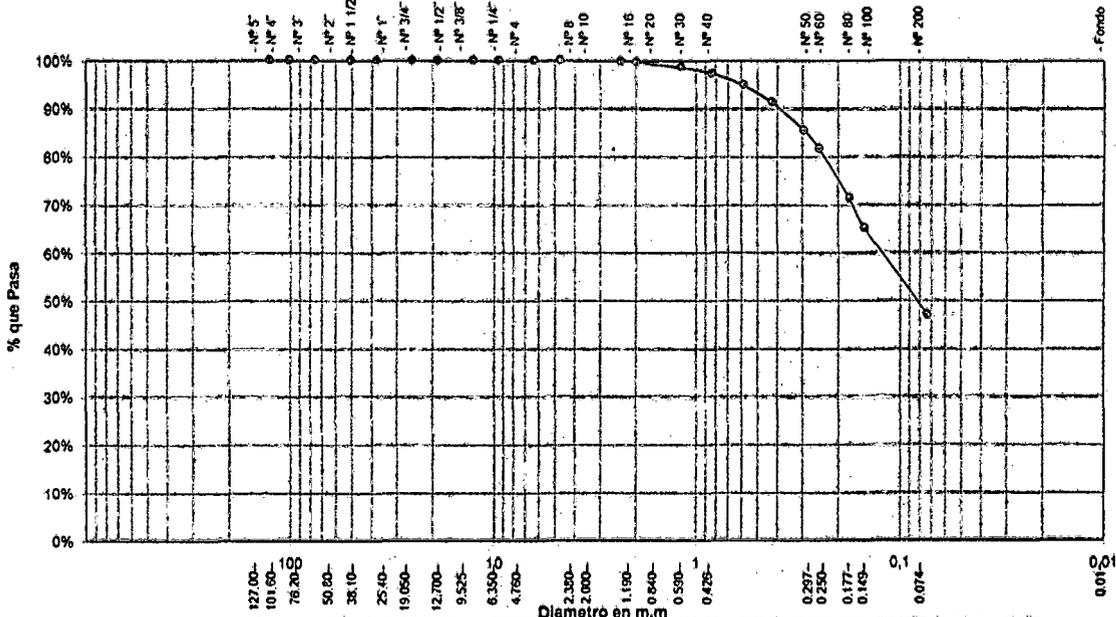
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
 lemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0.90 -3.00 m Calicata: C-12 M III
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 02/09/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:	
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:	
5"	127.00					Modulo de Fineza AG:	
4"	101.60					Equivalente de Arena:	
3"	76.20					Descripción Muestra:	
2"	60.80					Grupo suelos partículas gruesas	
1 1/2"	38.10					Sub-Grupo: Arenas	
1"	25.40					Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento	
3/4"	19.050					SUCS = SC AASHTO = A-6(5)	
1/2"	12.700					LL = 38.89 WT = 93.80	
3/8"	9.525					LP = 20.62 WT+SAL = 393.80	
1/4"	6.350					IP = 18.37 WSAL = 300.00	
Nº 4	4.760			100.00%		IG = 5 WT+SDL = 252.51	
Nº 8	2.380	0.76	0.25%	99.75%		WSOL = 158.61	
Nº 10	2.000	0.38	0.38%	99.62%		%ARC = 47.13	
Nº 16	1.190	3.08	1.03%	98.58%		%ERR = 0.00	
Nº 20	0.840	3.74	1.25%	97.35%		Cc =	
Nº 30	0.590	7.26	2.42%	94.93%		Cu =	
Nº 40	0.426	10.99	3.66%	91.26%		DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO	
Nº 50	0.297	17.20	5.73%	85.53%		El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 47.13%, de plasticidad media, LL = 38.89%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.	
Nº 60	0.250	11.28	3.76%	81.77%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada	
Nº 80	0.177	30.93	10.31%	71.46%		Número de Jeringa = 48	Peso plomitas = 0
Nº 100	0.149	18.87	6.28%	65.17%		Peso del tarro = 33.8	Peso suelo húmedo = 300
Nº 200	0.074	54.11	18.04%	47.13%		Peso del tarro + Mh = 393.0	Peso suelo seco = 300
Fondo	0.01	141.39	47.13%	0.00%		Peso del tarro + Ms = 393.8	% Humedad Muestra = 0.00
TOTAL	300.00				A B		

Curva Granulométrica



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Aceo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEO
INGENIERO CIVIL CIP Nº 12105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521385 ANEXO 21
 TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **ESTADO DEL SUELO:** INALTERADO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
HORA DE ENSAYO 10:25 AM

CALICATA: C-12 M III **Profundidad:** 0.90-3.00 m **Velocidad:** 0.5 mm/min
Muestra: M III **Estado:** INALTERADO **Clasificación SUCS:** SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,57 gr/cm³
Humedad: 10,73 %
Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,62 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,57 gr/cm³
Humedad: 10,72 %
Esf. Normal: 1,67 kg/cm²
Esf. Corte: 0,87 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,58 gr/cm³
Humedad: 10,71 %
Esf. Normal: 2,22 kg/cm²
Esf. Corte: 1,12 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,10
0,06	0,17	0,15
0,12	0,19	0,17
0,18	0,22	0,20
0,30	0,24	0,22
0,45	0,28	0,25
0,60	0,32	0,29
0,75	0,35	0,31
0,90	0,38	0,33
1,05	0,40	0,36
1,20	0,43	0,38
1,50	0,46	0,40
1,80	0,49	0,43
2,10	0,52	0,45
2,40	0,56	0,48
2,70	0,56	0,48
3,00	0,57	0,49
3,60	0,58	0,49
4,20	0,59	0,50
4,80	0,60	0,50
5,40	0,62	0,50
6,00	0,62	0,50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,17	0,10
0,06	0,25	0,15
0,12	0,32	0,19
0,18	0,37	0,22
0,30	0,44	0,26
0,45	0,49	0,29
0,60	0,54	0,32
0,75	0,58	0,35
0,90	0,61	0,36
1,05	0,65	0,39
1,20	0,68	0,40
1,50	0,70	0,41
1,80	0,74	0,43
2,10	0,76	0,44
2,40	0,79	0,46
2,70	0,81	0,46
3,00	0,82	0,47
3,60	0,83	0,47
4,20	0,84	0,47
4,80	0,85	0,47
5,40	0,86	0,47
6,00	0,87	0,47

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,23	0,10
0,06	0,33	0,15
0,12	0,44	0,20
0,18	0,53	0,24
0,30	0,84	0,29
0,45	0,70	0,31
0,60	0,77	0,34
0,75	0,82	0,36
0,90	0,84	0,37
1,05	0,90	0,40
1,20	0,92	0,41
1,50	0,94	0,41
1,80	0,98	0,43
2,10	1,01	0,44
2,40	1,03	0,45
2,70	1,05	0,45
3,00	1,06	0,45
3,60	1,08	0,46
4,20	1,09	0,46
4,80	1,10	0,46
5,40	1,11	0,45
6,00	1,12	0,45

OBSERVACIONES: La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

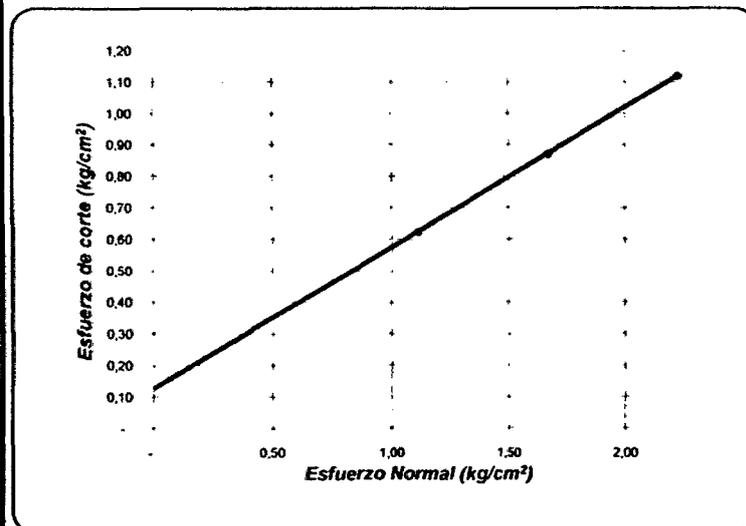
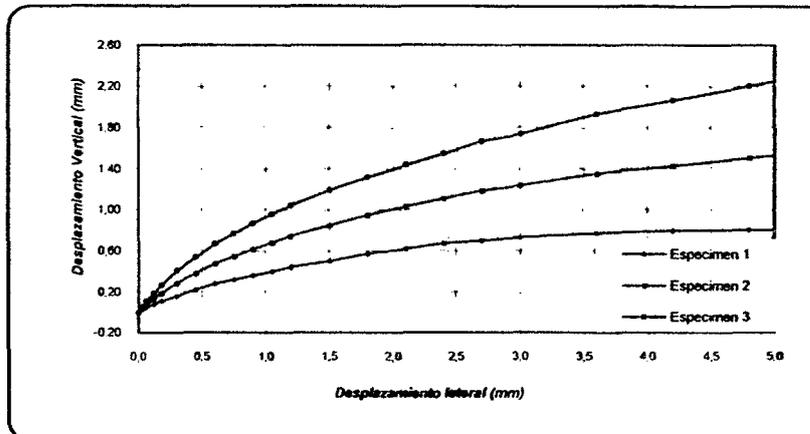
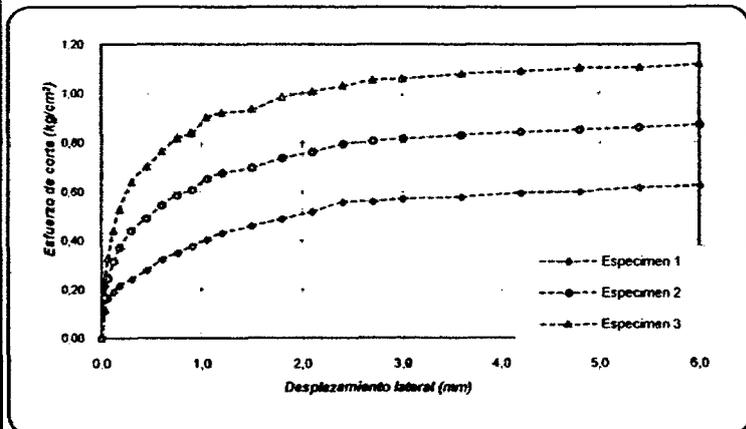
Ivan Gustavo Reategui Acedo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12146
 JEFE DE LABORATORIO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080**

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

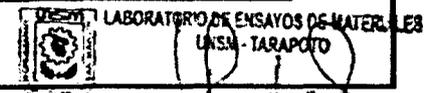
Sondaje : C-12 M III
 Muestra : M III

Profundidad : 0.90-3.00 m
 Estado : INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	1,11	1,67	2,22
Esfuerzo de corte	0,62	0,87	1,12

Resultados:

Cohesión (c): 0,12 kg/cm²
Ang. Fricción (φ): 24 °



IYAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 13

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821383-821384 ANEXO 20
 lemunam2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,40 -3,00 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-13 M.II Fecha: 02/09/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	23	48	91
PESO DE LATA grs	20,30	20,40	20,40
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	121,60	140,30	125,20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	112,30	129,80	115,90
PESO DEL AGUA grs	9,30	10,50	9,30
PESO DEL SUELO SECO grs	92,00	109,40	95,50
% DE HUMEDAD	10,11	9,60	9,74
PROMEDIO % DE HUMEDAD	9,81		

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Aceo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12103
 JEFE DE LABORATORIO



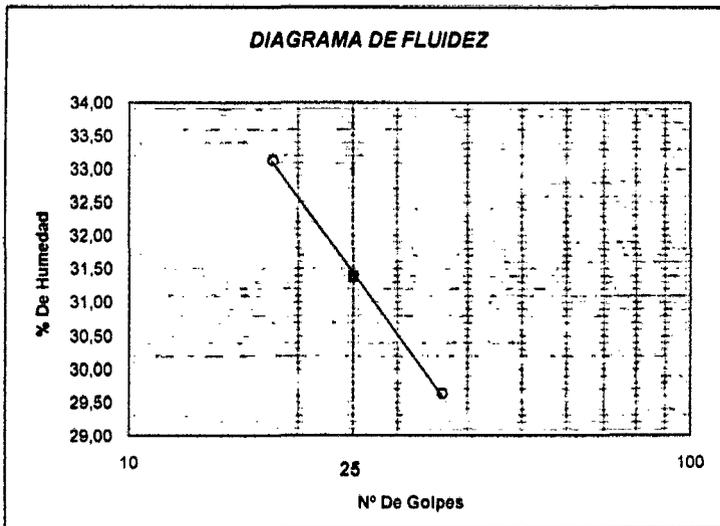
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 08 TELEFONO 821363-821364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhoffa, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperhoffa, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,40 -3,00 m
Hecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-13 M II Fecha: 02/09/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	68	64	62
PESO DE LATA grs	10,68	10,54	10,76
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	44,32	44,15	44,32
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	35,95	36,12	36,65
PESO DEL AGUA grs	8,37	8,03	7,67
PESO DEL SUELO SECO grs	25,27	25,58	25,89
% DE HUMEDAD	33,12	31,39	29,63
NUMERO DE GOLPES	18	25	36



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	31,39
Límite Plástico (%)	17,50
Indice de Plasticidad Ip (%)	13,89
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	6	7	8
PESO DE LATA grs	10,52	10,83	10,67
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,89	28,89	35,77
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,56	26,20	32,03
PESO DEL AGUA grs	3,33	2,69	3,74
PESO DEL SUELO SECO grs	19,04	15,37	21,36
% DE HUMEDAD	17,49	17,50	17,51
% PROMEDIO		17,50	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm ³	
Volumen Final (Suelo Seco) cm ³	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	


 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO


 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821383-821384 ANEXO 20

mailto:unsm2010@unsm.edu.pe

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.

Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje:

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,40 - 3,00 m

Calicata:

C-13 M II

Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez.

Fecha:

02/09/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
Ø (mm)					
5"	127,00				Tamaño Máximo:
4"	101,60				Modulo de Fineza AF:
3"	76,20				Modulo de Fineza AG:
2"	50,80				Equivalente de Arena:
1 1/2"	38,10				Descripción Muestra:
1"	25,40				Grupo suelos partículas gruesas
3/4"	19,050				Sub-Grupo Arenas
1/2"	12,700				Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
3/8"	9,525				SC A
1/4"	6,350				SUCS = SC AASHTO = A-6(4)
Nº 4	4,760			100,00%	LL = 31,39 WT = 78,10
Nº 8	2,380	0,55	0,18%	99,82%	LP = 17,50 WT+GAL = 378,10
Nº 10	2,000	0,40	0,13%	99,68%	IP = 13,89 WSAL = 300,00
Nº 16	1,190	2,79	0,93%	98,75%	IG = 4 WT+SDL = 231,11
Nº 20	0,840	4,46	1,49%	97,27%	WSDL = 153,01
Nº 30	0,590	9,11	3,04%	94,23%	WARC = 49,00
Nº 40	0,426	13,50	4,50%	89,73%	WERR = 0,00
Nº 50	0,297	19,95	6,85%	83,08%	
Nº 60	0,250	12,32	4,11%	78,97%	
Nº 80	0,177	28,93	8,98%	70,00%	
Nº 100	0,149	17,48	5,83%	64,17%	
Nº 200	0,074	45,52	15,17%	49,00%	
Fondo	0,01	146,99	49,00%	0,00%	
TOTAL	300,00		100,00%	0,00%	

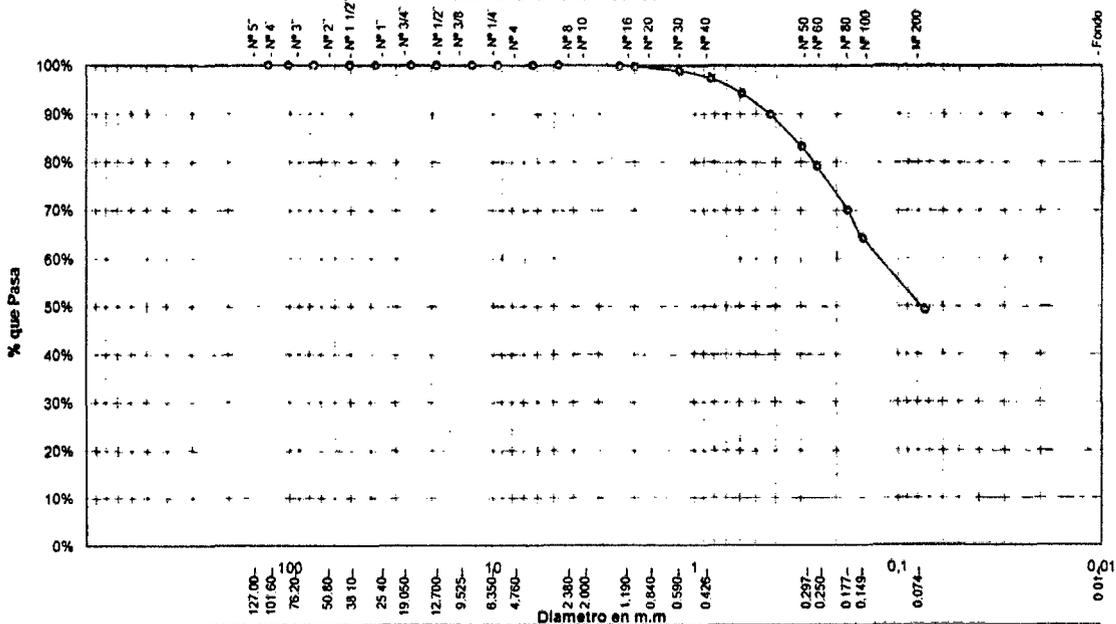
DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO

El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcilla, de compacidad media con finos de 49,00%, de plasticidad media LL = 31,39, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al cono de regular buena

% de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro =	35	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	78,1	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	378,1	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	378,1	% Humedad Muestra =	0,00

Curva Granulometrica



Piedras mayores 3"	GRAVA		GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM	GRAVA		GRUESA	ARENA		LIMO	ARCILLA
Clasificación - AASHTO	GRAVA GRUESA	GRAVA MEDIA	GRAVA FINA	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO PATATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21
 TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 11:20 AM

CALICATA: C-13 M II **Profundidad :** 0.20-3.00 m. **Velocidad :** 0.5 mm/min
Muestra : M - II **Estado :** INALTERADO **Clasificación SUCS:** SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
Lado : 60,00 mm
D. Seca: 1,59 gr/cm³
Humedad: 11,30 %
Esf. Normal : 0,56 kg/cm²
Esf. Corte: 0,37 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
Lado : 60,00 mm
D. Seca: 1,59 gr/cm³
Humedad: 11,29 %
Esf. Normal : 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,61 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado : 60,00 mm
D. Seca: 1,59 gr/cm³
Humedad: 11,28 %
Esf. Normal : 1,67 kg/cm²
Esf. Corte: 0,85 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,09	0,16
0,06	0,11	0,21
0,12	0,12	0,22
0,18	0,12	0,22
0,30	0,13	0,24
0,45	0,13	0,24
0,60	0,14	0,25
0,75	0,14	0,25
0,90	0,16	0,28
1,05	0,18	0,31
1,20	0,20	0,34
1,50	0,22	0,39
1,80	0,25	0,44
2,10	0,27	0,47
2,40	0,29	0,50
2,70	0,32	0,55
3,00	0,34	0,58
3,60	0,35	0,59
4,20	0,35	0,59
4,80	0,36	0,59
5,40	0,37	0,61
6,00	0,37	0,61

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,10
0,06	0,15	0,14
0,12	0,19	0,17
0,18	0,23	0,21
0,30	0,28	0,25
0,45	0,32	0,28
0,60	0,36	0,32
0,75	0,37	0,33
0,90	0,39	0,35
1,05	0,41	0,36
1,20	0,43	0,38
1,50	0,45	0,40
1,80	0,48	0,42
2,10	0,50	0,43
2,40	0,52	0,45
2,70	0,54	0,46
3,00	0,55	0,47
3,60	0,56	0,48
4,20	0,57	0,48
4,80	0,59	0,49
5,40	0,60	0,49
6,00	0,61	0,50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,14	0,08
0,06	0,19	0,11
0,12	0,26	0,16
0,18	0,35	0,21
0,30	0,43	0,25
0,45	0,50	0,30
0,60	0,57	0,34
0,75	0,60	0,36
0,90	0,62	0,37
1,05	0,64	0,38
1,20	0,66	0,39
1,50	0,68	0,40
1,80	0,70	0,41
2,10	0,72	0,42
2,40	0,74	0,43
2,70	0,76	0,43
3,00	0,76	0,43
3,60	0,78	0,44
4,20	0,80	0,44
4,80	0,81	0,45
5,40	0,83	0,45
6,00	0,85	0,46

OBSERVACIONES: La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



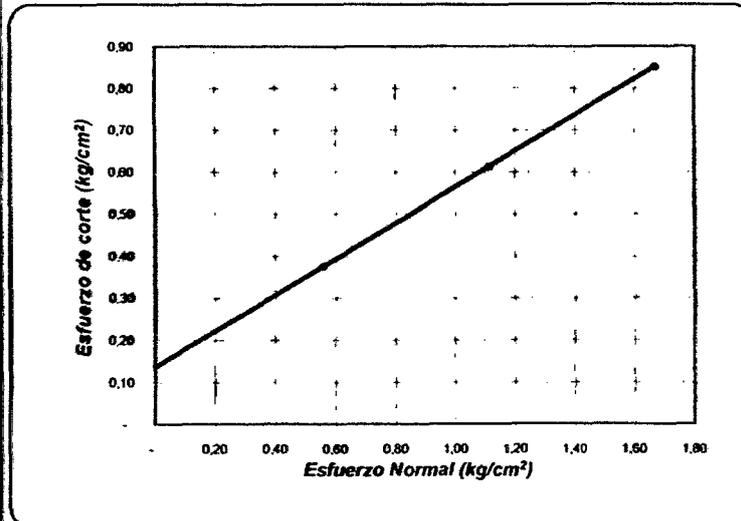
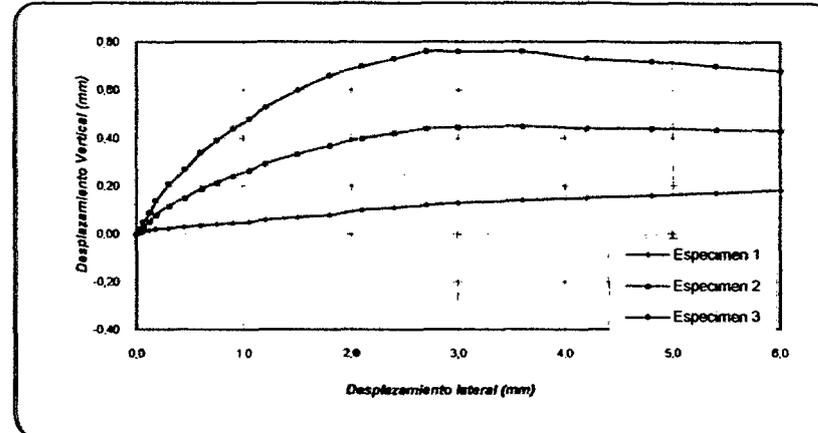
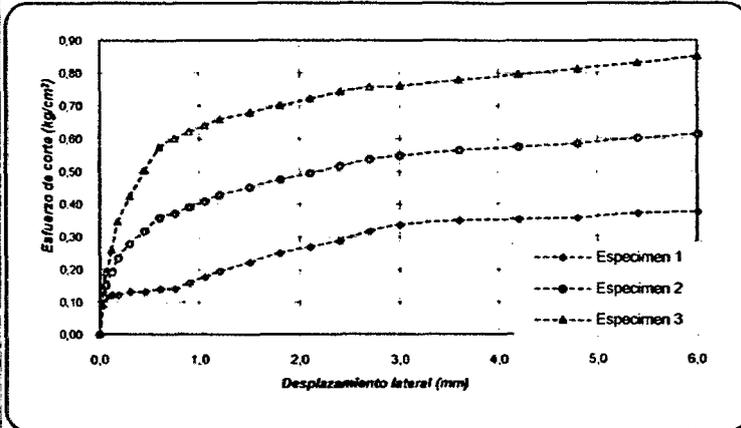
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO RESIDUAL

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA,
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje : C-13 M II

Profundidad : 0.20-3.00 m.

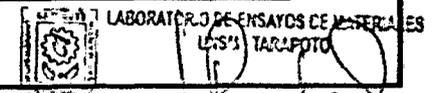
Muestra : M - II

Estado : INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,37	0,61	0,85

Resultados:

Cohesión (c):	0,13 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	23 °



IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 14

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521365-521364 ANEXO 20

lemunam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena ArcillosaProf. de la Muestra: 0.30 -1.00 mHecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez,

Calicata: _____

C-14 M II Fecha: 02/09/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	14	40	84
PESO DE LATA grs	20,70	20,50	20,30
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	128,50	155,10	136,30
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	119,20	144,00	126,70
PESO DEL AGUA grs	9,30	11,10	9,60
PESO DEL SUELO SECO grs	98,50	123,50	106,40
% DE HUMEDAD	9,44	8,99	9,02
PROMEDIO % DE HUMEDAD	9,16		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumétrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 14100
JEFE DE LABORATORIO



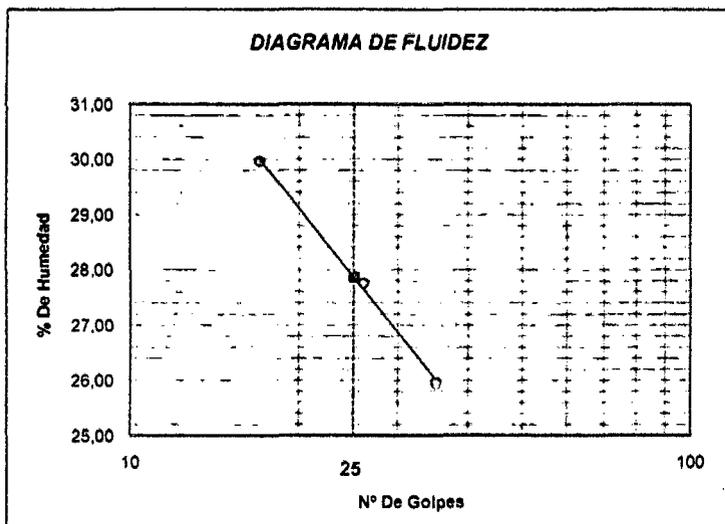
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 - 1,00 m
Hecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-14 M II Fecha: 02/09/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	82	25	17
PESO DE LATA grs	10,63	10,82	10,76
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,42	44,47	43,95
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	35,86	37,16	37,11
PESO DEL AGUA grs	7,56	7,31	6,84
PESO DEL SUELO SECO grs	25,23	26,34	26,35
% DE HUMEDAD	29,96	27,75	25,96
NUMERO DE GOLPES	17	26	35



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	27,86
Límite Plástico (%)	15,12
Indice de Plasticidad Ip (%)	12,74
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(2)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	56	57	58
PESO DE LATA grs	10,77	10,61	10,63
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,59	29,80	34,09
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29,72	27,28	31,01
PESO DEL AGUA grs	2,87	2,52	3,08
PESO DEL SUELO SECO grs	18,95	16,67	20,38
% DE HUMEDAD	15,12	15,12	15,11
% PROMEDIO		15,12	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO DE ATEGUA ACEDO
INGENIERO CIVIL N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Región San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilométraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 - 1,00 m Calicota: C-14 M II
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 02/08/2014

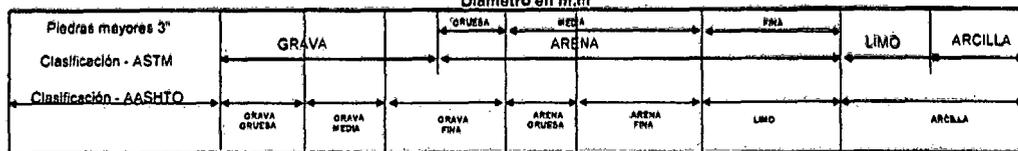
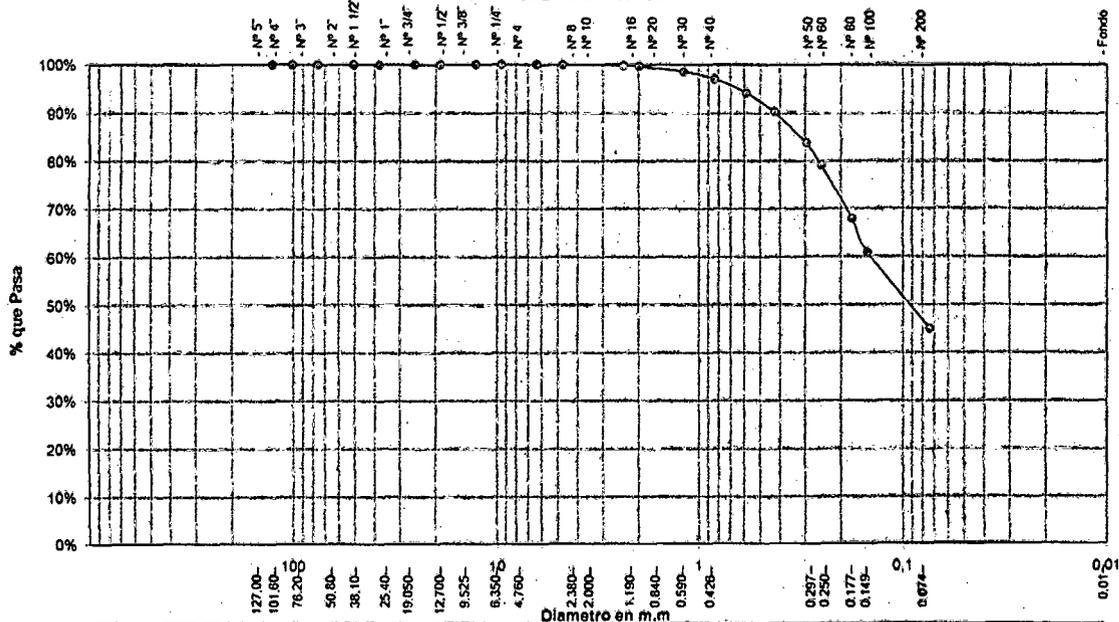
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamizcos	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
5"	127,00					Modulo de Fineza AF:
4"	101,60					Modulo de Fineza AG:
3"	76,20					Equivalente de Arena:
2"	50,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	35,10					Grupo suelos partículas gruesas
1"	25,40					Arena arcillosa con matriz de arcilla color marrón
3/4"	19,050					Sub-Grupo: Arenas
1/2"	12,700					SC A
3/8"	8,525					SUCS =
1/4"	6,350					SC
Nº 4	4,760	0,17	0,06%	99,94%		AABHT =
Nº 8	2,380	0,63	0,21%	99,73%		WT
Nº 10	2,000	0,46	0,15%	99,58%		WT+SAL
Nº 16	1,190	3,18	1,06%	89,52%		WSAL
Nº 20	0,840	4,58	1,53%	86,99%		WT+SDL
Nº 30	0,580	8,37	2,78%	84,20%		WSDL
Nº 40	0,428	12,11	4,04%	80,16%		%MARC
Nº 50	0,297	19,82	6,54%	83,62%		%ERR
Nº 60	0,250	13,80	4,60%	79,02%		Cc
Nº 80	0,177	33,14	11,05%	67,98%		Cu
Nº 100	0,149	21,47	7,18%	60,82%		
Nº 200	0,074	47,58	15,88%	44,06%		
Fondo	0,01	134,88	44,96%	0,00%		
TOTAL	300,00					

DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO
 El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 44,96%, de plasticidad baja, LL = 27,86%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina e media con una resistencia al corte de regular buena.
 % de Humedad Natural de la muestra ensayada

Número de tarro =	18	Peso del agua =	0
Peso del tarro =	81,6	Peso suelo húmedo =	300
Peso del tarro + Mh =	381,6	Peso suelo seco =	300
Peso del tarro + Ms =	381,6	% Humedad Natural =	0,00

Curva Granulométrica



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72103
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821383-821384 ANEXO 20
 lemuns2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhoita, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín
 Localización del Proyecto: Sector Coperhoita, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje:
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 1,00 -3,00 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-14 M III Fecha: 02/09/2014

Determinación del % de Humedad Natural **ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	2	22	42
PESO DE LATA grs	20,70	20,30	20,40
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	135,40	139,20	131,50
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	123,30	126,60	119,70
PESO DEL AGUA grs	12,10	12,60	11,80
PESO DEL SUELO SECO grs	102,60	106,30	99,30
% DE HUMEDAD	11,79	11,85	11,88
PROMEDIO % DE HUMEDAD	11,84		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos **ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico **ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 USM - TARAPOTO

[Firma manuscrita]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72165
 JEFE DE LABORATORIO



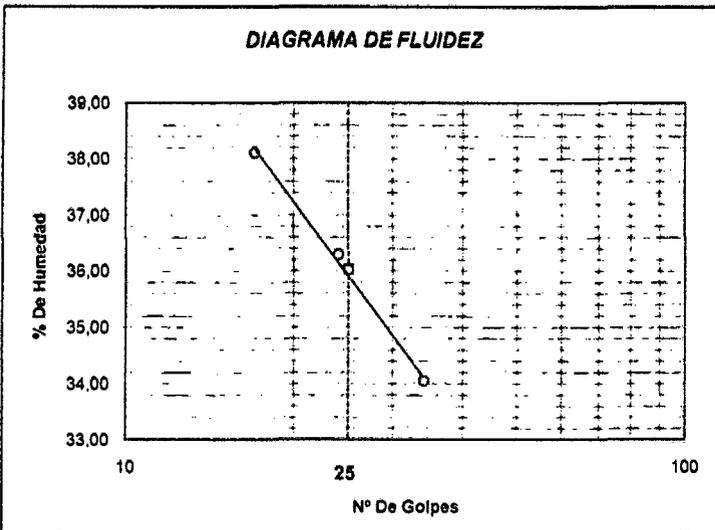
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperhoita, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
Localización del Proyecto: Sector Coperhoita, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,00 -3,00 m
Hecho Por : Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-14 M III Fecha: 02/09/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	31	11	22
PESO DE LATA grs	10,61	10,81	10,68
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,12	42,85	42,33
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34,15	34,32	34,29
PESO DEL AGUA grs	8,97	8,53	8,04
PESO DEL SUELO SECO grs	23,54	23,51	23,61
% DE HUMEDAD	38,11	36,28	34,05
NUMERO DE GOLPES	17	24	34



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	36,02
Límite Plástico (%)	18,18
Indice de Plasticidad Ip (%)	17,84
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(5)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	46	47	48
PESO DE LATA grs	10,47	10,74	10,73
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32,11	29,01	34,70
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	28,78	26,20	31,02
PESO DEL AGUA grs	3,33	2,81	3,69
PESO DEL SUELO SECO grs	18,31	15,46	20,29
% DE HUMEDAD	18,19	18,18	18,17
% PROMEDIO		18,18	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521384 ANEXO 20
 leunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

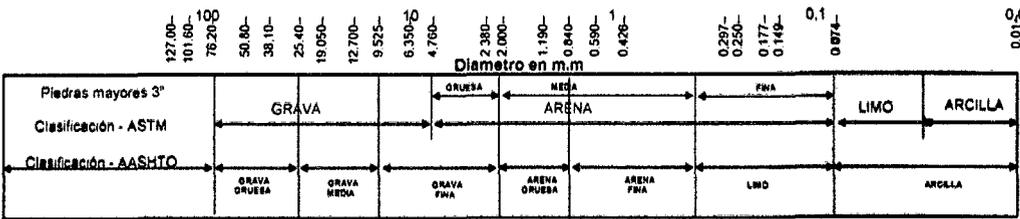
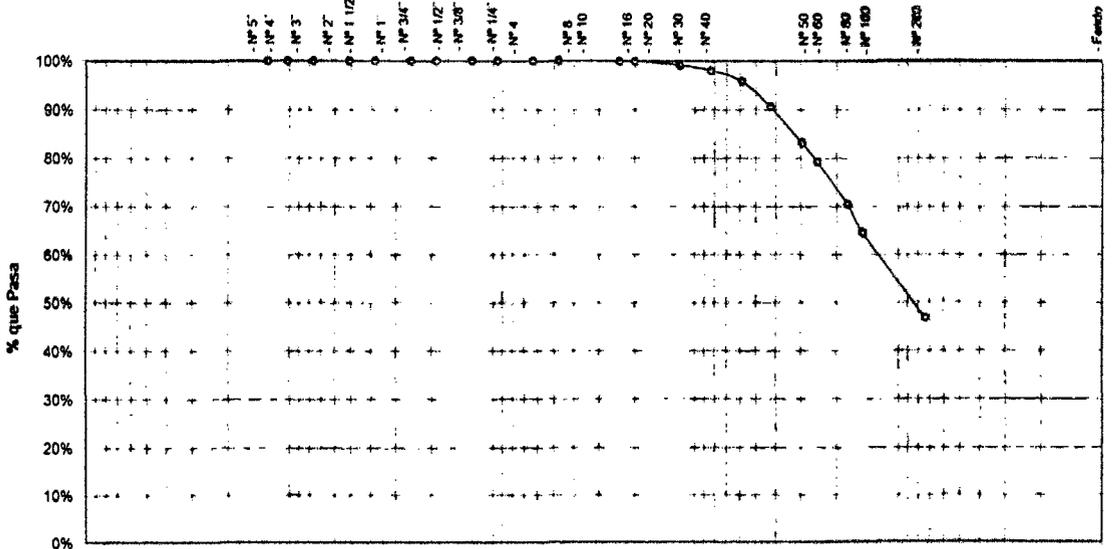
Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 1,00 -3,00 m Calicata: C-14.M.III
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 02/09/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF: _____
5"	127,00					Modulo de Fineza AG: _____
4"	101,60					Equivalente de Arena: _____
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	60,80					Grupo suelos particulares gruesas
1 1/2"	38,10					Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
1"	28,40					Sub-Grupo: Arenas SC A
3/4"	19,00					SUCS = SC AASHTO = A-8(8)
1/2"	12,70					LL = 36,02 WT = 85,00
3/8"	9,525					IP = 18,18 WT+SAL = 385,00
1/4"	6,350					WSAL = 17,84 W+SAL = 300,00
Nº 4	4,760			100,00%		WT+SDL = 245,39
Nº 8	2,380	0,30	0,10%	99,90%		WSDL = 160,39
Nº 10	2,000	0,28	0,08%	99,81%		%ARC. = 46,54
Nº 16	1,190	2,19	0,73%	99,08%		%ERR. = 0,00
Nº 20	0,840	3,31	1,10%	97,97%		Cc = _____
Nº 30	0,590	6,55	2,18%	95,79%		
Nº 40	0,426	15,84	5,28%	90,51%		
Nº 50	0,297	22,46	7,49%	83,02%		
Nº 60	0,250	11,69	3,90%	79,12%		
Nº 80	0,177	26,35	8,78%	70,34%		
Nº 100	0,149	17,81	5,94%	35,80%		
Nº 200	0,074	53,59	17,86%	46,54%		
Fondo	0,01	139,61	46,54%	100,00%		
TOTAL	300,00				A B	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO
 El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 46,54%, de plasticidad media. LL = 36,02%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.
 % de Humedad Natural de la muestra ensayada
 Número de tarro = 27 Peso del agua = 0
 Peso del tarro = 85 Peso suelo húmedo = 300
 Peso del tarro + Mh = 385 Peso suelo seco = 300
 Peso del tarro + Ms = 385 % Humedad Muestr = 0,00

Curva Granulometrica



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO
 IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72705
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521384-042521365 ANEXO 21
 TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T **DESCRIPCION DEL SUELO:** ARENA ARCILLOSA
TEISIS: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN
ESTADO DEL SUELO: INALTERADO
UBICACIÓN : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN **DISPOSITIVO UTILIZADO :** ELECTRONICO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014 **HORA DE ENSAYO** 11:50 AM

CALICATA: C - 14 M III **Profundidad:** 1.00 - 3.00 m **Velocidad:** 0.5 mm/min
 Muestra: M.III **Estado:** INALTERADO **Clasificación SUGS:** SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,63 gr/cm³
Humedad: 10,65 %
Esf. Normal: 0,56 kg/cm²
Esf. Corte: 0,35 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,62 gr/cm³
Humedad: 10,69 %
Esf. Normal: 1,11 kg/cm²
Esf. Corte: 0,55 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20,00 mm
Lado: 60,00 mm
D. Seca: 1,63 gr/cm³
Humedad: 10,86 %
Esf. Normal: 1,57 kg/cm²
Esf. Corte: 0,75 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/a)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,06	0,11
0,06	0,09	0,16
0,12	0,11	0,21
0,18	0,14	0,25
0,30	0,17	0,30
0,45	0,18	0,33
0,60	0,21	0,38
0,75	0,23	0,41
0,90	0,25	0,44
1,05	0,26	0,47
1,20	0,27	0,47
1,50	0,28	0,50
1,80	0,30	0,53
2,10	0,31	0,53
2,40	0,32	0,55
2,70	0,32	0,55
3,00	0,33	0,56
3,60	0,33	0,56
4,20	0,34	0,58
4,80	0,35	0,58
5,40	0,34	0,56
6,00	0,35	0,56

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/a)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,11	0,10
0,06	0,14	0,12
0,12	0,17	0,15
0,18	0,20	0,18
0,30	0,23	0,21
0,45	0,27	0,25
0,60	0,31	0,28
0,75	0,35	0,31
0,90	0,38	0,34
1,05	0,41	0,37
1,20	0,43	0,38
1,50	0,45	0,39
1,80	0,47	0,41
2,10	0,47	0,41
2,40	0,49	0,42
2,70	0,49	0,42
3,00	0,50	0,43
3,60	0,50	0,43
4,20	0,52	0,43
4,80	0,53	0,44
5,40	0,54	0,44
6,00	0,55	0,44

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/a)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,16	0,09
0,06	0,18	0,11
0,12	0,22	0,13
0,18	0,25	0,15
0,30	0,30	0,18
0,45	0,37	0,22
0,60	0,42	0,25
0,75	0,47	0,28
0,90	0,52	0,31
1,05	0,56	0,33
1,20	0,59	0,35
1,50	0,61	0,36
1,80	0,63	0,37
2,10	0,64	0,37
2,40	0,66	0,38
2,70	0,67	0,38
3,00	0,67	0,38
3,60	0,68	0,38
4,20	0,69	0,39
4,80	0,71	0,39
5,40	0,73	0,40
6,00	0,75	0,40

OBSERVACIONES: La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales.



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Aceo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
 JEFE DE LABORATORIO



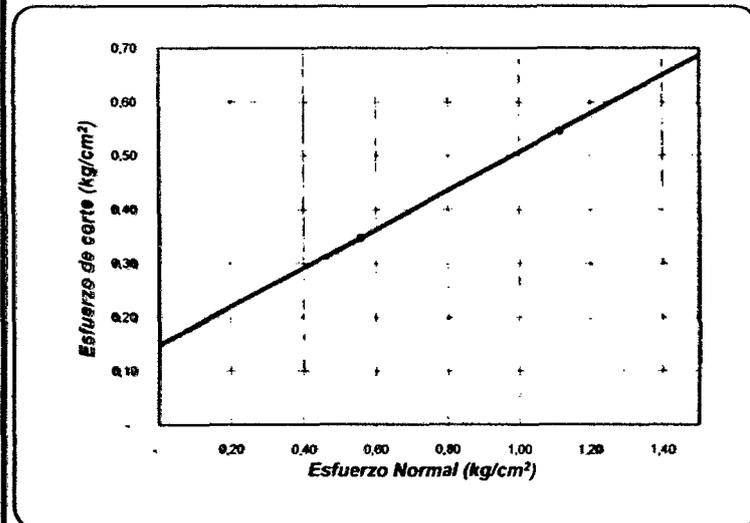
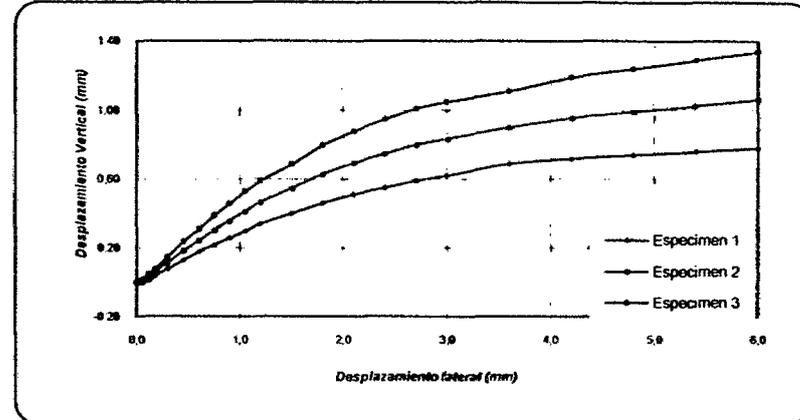
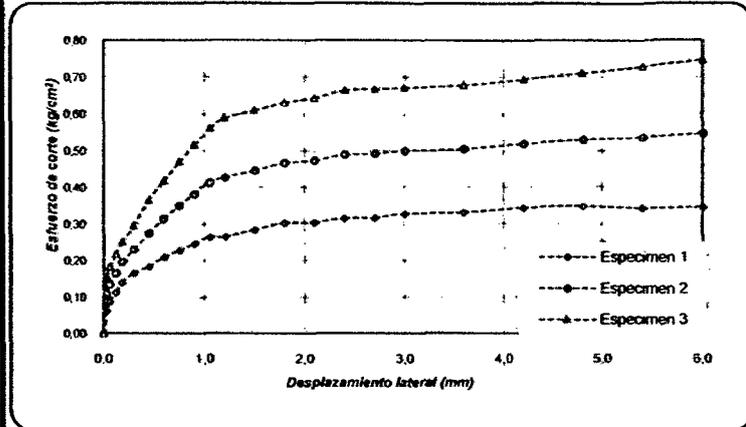
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN: SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje: C - 14 M III

Profundidad: 1.00 - 3.00 m

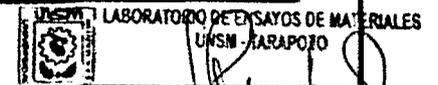
Muestra: M III

Estado: INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,35	0,55	0,75

Resultados:

Cohesión (c): 0,16 kg/cm²
Ang. Fricción (φ): 20 °



IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
UNSM - T

CALICATA Nº 15

ENSAYOS DE LABORATORIO

HUMEDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

GRANULOMETRIA

CORTE DIRECTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunam2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0.30 - 0.60 m
 Hecho Por: Bach. Helany del C. Chavez Ramirez Calicata: C-15 M II Fecha: 02/09/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	44	58	63
PESO DE LATA grs	20.50	20.20	20.30
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	130.40	136.40	134.60
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	121.60	126.90	125.90
PESO DEL AGUA grs	8.80	9.50	8.30
PESO DEL SUELO SECO grs	101.10	106.70	105.20
% DE HUMEDAD	8.70	8.90	8.64
PROMEDIO % DE HUMEDAD	8.82		

Determinación del Gravedad Especifico de Solidos ASTM D-864

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SOLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PFATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12100
 'FFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 200

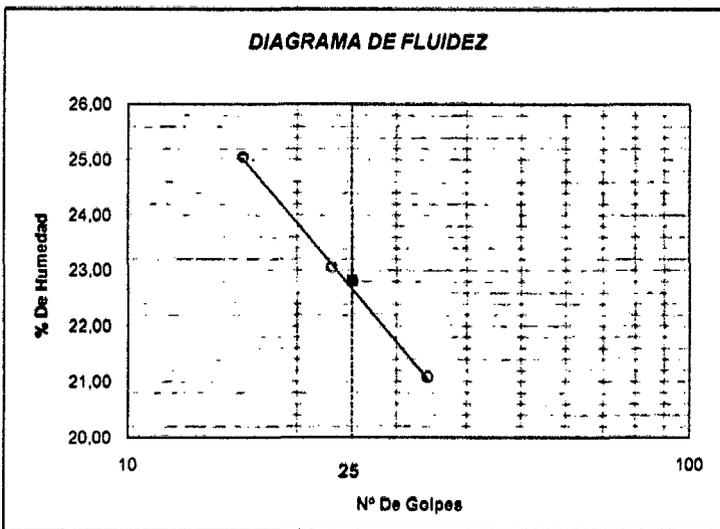
lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 -0,90 m
 Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-15 M II Fecha: 02/09/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	73	55	90
PESO DE LATA grs	10,69	10,55	10,72
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,45	43,00	43,52
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	36,89	36,92	37,81
PESO DEL AGUA grs	6,56	6,08	5,71
PESO DEL SUELO SECO grs	26,20	26,37	27,09
% DE HUMEDAD	25,04	23,06	21,08
NUMERO DE GOLPES	16	23	34



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	22,82
Límite Plástico (%)	14,15
Indice de Plasticidad Ip (%)	8,67
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-4(0)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	49	45	61
PESO DE LATA grs	10,55	10,81	10,66
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	36,02	30,09	33,04
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	32,87	27,70	30,27
PESO DEL AGUA grs	3,16	2,39	2,78
PESO DEL SUELO SECO grs	22,32	16,89	19,81
% DE HUMEDAD	14,14	14,15	14,15
% PROMEDIO		14,15	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12103
 JEFE DE LABORATORIO



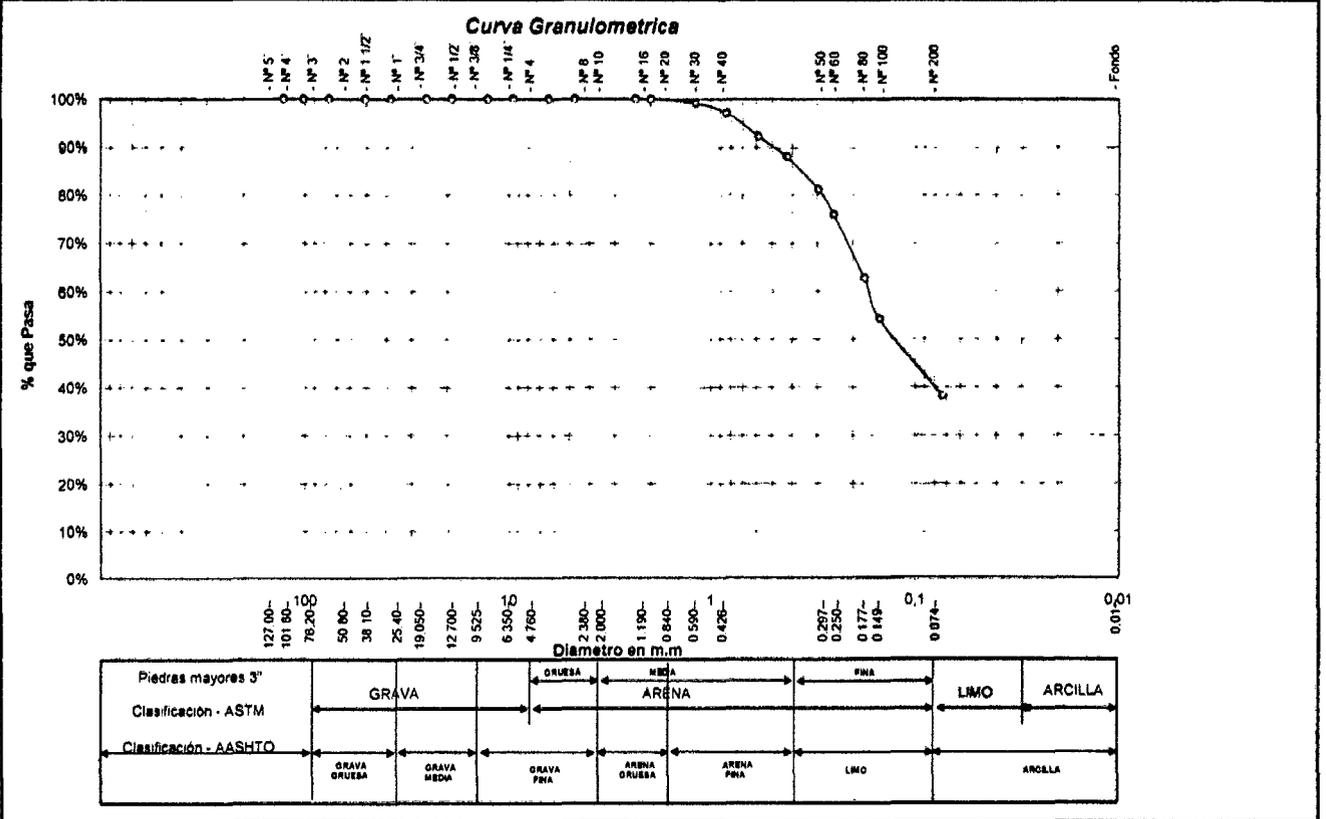
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 821383-821384 ANEXO 29
 lemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 - 0,90 m Calcasta: C-13 M II
 Hecho Por: Bach. Héleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 02/09/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo
5"	127,00					Modulo de Fineza AF
4"	101,60					Modulo de Fineza AG
3"	76,20					Equivalente de Arena
2"	50,80					Descripción Muestra:
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas gruesas
1"	25,40					Sub-Grupo Arenas
3/4"	19,050					SC A
1/2"	12,700					Arena arcillosa con matriz de arena color marrón
3/8"	9,525					SUCS = SC AASHTO = A-400
1/4"	6,350					LL = 22,82 WT = 86,40
Nº 4	4,760			100,00%		LP = 14,15 WT+SKL = 388,40
Nº 8	2,380		0,00%	100,00%		IP = 8,87 WSAL = 300,00
Nº 10	2,000	0,16	0,05%	89,95%		IG = 0 WT+SDL = 272,03
Nº 16	1,180	2,46	0,82%	89,13%		D 90 = WSDL = 185,63
Nº 20	0,840	5,94	1,98%	97,15%		D 60 = %ARC = 38,12
Nº 30	0,600	14,55	4,85%	92,30%		D 30 = CC = 0,00
Nº 40	0,428	13,22	4,41%	87,89%		D 10 = CU =
Nº 50	0,297	20,46	6,82%	81,07%		DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENBAYADO
Nº 60	0,260	15,34	5,11%	75,96%		El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 38,12%, de plasticidad baja, LL = 22,82%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena
Nº 80	0,177	39,52	13,17%	62,78%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
Nº 100	0,149	28,21	8,74%	54,05%		Numero de tarro = 44
Nº 200	0,074	47,77	15,92%	38,12%		Peso del agua = 0
Fondo	0,01	114,37	38,12%	100,00%	0,00%	Peso del tarro = 86,4
TOTAL	300,00					Peso del tarro + Mh = 386,4
						Peso del tarro + Ms = 386,4
						% Humedad Muestra = 0,00



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO
 IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72706
 JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521363-521364 ANEXO 20

lemunsm2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Región San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Prof. de la Muestra: 0,30-0,90 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-15 M II Fecha: 02/09/2014

Determinación del % de Humedad Natural ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

LATA	44	58	83
PESO DE LATA grs	20,50	20,20	20,30
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	130,40	136,40	134,80
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	121,60	126,90	125,50
PESO DEL AGUA grs	8,80	9,50	9,30
PESO DEL SUELO SECO grs	101,10	106,70	105,20
% DE HUMEDAD	8,70	8,90	8,84
PROMEDIO % DE HUMEDAD	8,82		

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos ASTM D-854

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIREa		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SÓLIDOS cm3		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm3		
PROMEDIO grs/cm3		

Determinación del Peso Volumetrico ASTM D-2937

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m3				
PESO UNITARIO Kgrs/m3				
PROMEDIO Kgrs/m3				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



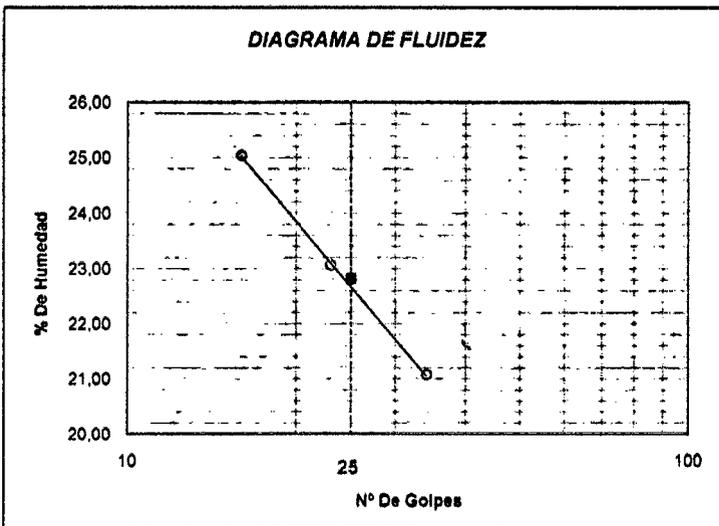
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 06 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
 lemuns2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Proy. San Martín, Region San Martín **Kilometraje:** _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa **Profundidad de la Muestra:** 0,30 -0,90 m
 Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramirez. **Calicata:** C-15 M II **Fecha:** 02/09/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	73	55	80
PESO DE LATA grs	10,69	10,55	10,72
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43,45	43,00	43,52
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	36,89	36,92	37,81
PESO DEL AGUA grs	6,56	6,08	5,71
PESO DEL SUELO SECO grs	26,20	26,37	27,09
% DE HUMEDAD	25,04	23,06	21,08
NUMERO DE GOLPES	16	23	34



Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	22,82
Límite Plástico (%)	14,15
Indice de Plasticidad Ip (%)	8,67
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-4(0)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	49	45	61
PESO DE LATA grs	10,55	10,81	10,66
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	36,02	30,09	33,04
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	32,87	27,70	30,27
PESO DEL AGUA grs	3,16	2,39	2,78
PESO DEL SUELO SECO grs	22,32	16,89	19,81
% DE HUMEDAD	14,14	14,15	14,15
% PROMEDIO		14,15	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

[Handwritten Signature]

IVAN GUSTAVO PEATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

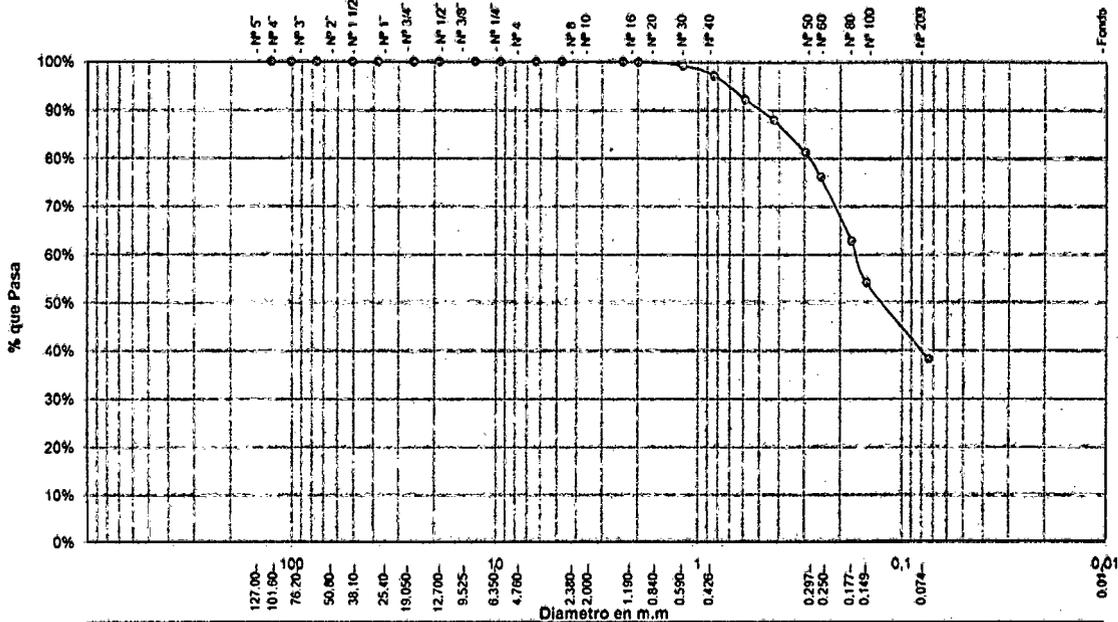
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
 lemunsm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0,30 - 0,90 m Calicatas: C-15 M II
 Hecho Por: Bach. Helyny del C. Chavez Ramírez, Fecha: 02/09/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:	
5"	127,00					Modulo de Fineza AF:	
4"	101,60					Modulo de Fineza AG:	
3"	76,20					Equivalente de Arena:	
2"	50,80					Descripción Muestra:	
1 1/2"	38,10					Grupo suelos partículas gruesas	
1"	25,40					Sub-Grupo : Arenas	
3/4"	19,050					Arena arcillosa con matriz de arcilla color marrón	
1/2"	12,700					SC A	
3/8"	9,525					SUCS = SC	
1/4"	6,350					AASHTO = A-4(0)	
Nº 4	4,750			100,00%		LL = 22,82	
Nº 8	2,380		0,00%	100,00%		WT = 86,40	
Nº 10	2,000	0,16	0,05%	99,85%		WT-SAL = 386,40	
Nº 16	1,180	2,48	0,82%	99,13%		IP = 8,87	
Nº 20	0,840	5,94	1,98%	97,15%		IG = 0	
Nº 30	0,680	14,65	4,65%	92,30%		D 90 = 90	
Nº 40	0,426	13,22	4,41%	87,89%		D 60 = 60	
Nº 50	0,297	20,46	6,82%	81,07%		D 30 = 30	
Nº 60	0,250	15,34	5,11%	75,96%		D 10 = 10	
Nº 80	0,177	39,52	13,17%	62,78%		DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO	
Nº 100	0,149	26,21	8,74%	54,05%		El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactación media con finos de 38,12%, de plasticidad baja, LL = 22,82%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular buena.	
Nº 200	0,074	47,77	15,82%	38,12%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada	
Fondo	0,01	114,37	38,12%	0,00%		Número de tarro = 44	Peso del Agua = 0
TOTAL	300,00					Peso del tarro = 86,4	Peso suelo húmedo = 300
						Peso del tarro + Mh = 386,4	Peso suelo seco = 300
						Peso del tarro + Ms = 386,4	% Humedad Muestra = 0,00

Curva Granulométrica



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNIM - TARAPOTO

[Signature]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72103
 JEFE DE LABORATORIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN****LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521384 ANEXO 20

lemunem2010@gmail.com

TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Región San MartínLocalización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Región San Martín

Kilometraje: _____

Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa

Prof. de la Muestra: _____

0.80 ± 0.00 Em³Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez.

Calicata: _____

C-15 M III

Fecha: _____

02/09/2014**Determinación del % de Humedad Natural****ASTM 2216 - N.T.P. 339.127**

LATA	73	78	85
PESO DE LATA grs	20.30	20.70	20.50
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	128.40	133.30	140.80
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	113.30	121.70	128.70
PESO DEL AGUA grs	15.10	11.60	12.20
PESO DEL SUELO SECO grs	93.00	101.00	108.20
% DE HUMEDAD	16.24	11.49	11.28
PROMEDIO % DE HUMEDAD	13.00		

Determinación del Gravedad Especifico de Sólidos**ASTM D-854**

LATA		
VOL. DEL FRASCO A 20° C.		
METODO DE REMOCION DEL AIRE a		
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO		
TEMPERATURA, °C		
PESO DEL FRASCO+AGUA grs		
PLATO EVAPORADO N°		
PESO DEL PLATO EVAP+SUELO SECO grs		
PESO DEL SUELO SECO grs		
VOLUMEN DE SÓLIDOS cm ³		
GRAVEDAD ESPECIFICA grs/cm ³		
PROMEDIO grs/cm ³		

Determinación del Peso Volumetrico**ASTM D-2937**

LATA				
PESO DE MOLDE Kgrs				
PESO DEL SUELO + MOLDE kgrs				
PESO DEL SUELO SECO Kgrs				
VOLUMEN DEL MOLDE m ³				
PESO UNITARIO Kgrs/m ³				
PROMEDIO Kgrs/m ³				

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTOIVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

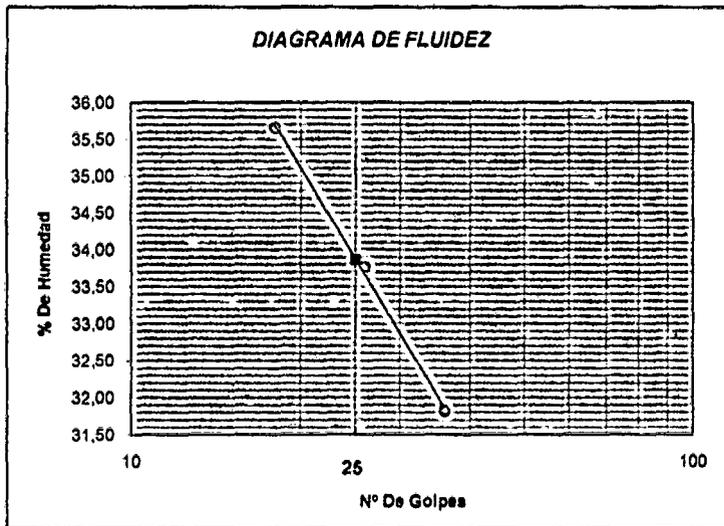
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 621363-621364 ANEXO 20
lemunsm2010@gmail.com
TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist Tarapoto, Prov San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0.90 -3.00 m
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Calicata: C-15 M III Fecha: 02/09/2014

Determinación del Límite Líquido ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	81	3	35
PESO DE LATA grs	10.88	10.80	10.75
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	43.10	42.45	42.53
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	34.58	34.46	34.86
PESO DEL AGUA grs	8.52	7.99	7.67
PESO DEL SUELO SECO grs	23.90	23.66	24.11
% DE HUMEDAD	35.85	33.77	31.81
NUMERO DE GOLPES	18	26	36



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	ND
Límite Líquido (%)	33.87
Límite Plástico (%)	17.28
Indice de Plasticidad Ip (%)	16.58
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(4)
Indice de consistencia Ic	

Determinación del Límite Plástico ASTM D-4318 - N.T.P. 339.129

LATA	41	42	43
PESO DE LATA grs	10.52	10.81	10.92
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	35.98	30.09	31.88
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	32.23	27.25	28.79
PESO DEL AGUA grs	3.75	2.84	3.08
PESO DEL SUELO SECO grs	21.71	16.44	17.87
% DE HUMEDAD	17.27	17.27	17.29
% PROMEDIO		17.28	

LIMITE DE CONTRACCION ASTM D-427	
Ensayo N°	
Peso Rec + Suelo húmedo Gr.	
Peso Rec + Suelo seco Gr.	
Peso de rec. De contracción Gr.	
Peso del suelo seco Gr.	
Peso del agua Gr.	ND
Humedad %	
Volumen Inicial (Suelo Húmedo) cm3	
Volumen Final (Suelo Seco) cm3	
Límite de Contracción %	
Relación de Contracción	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12100
JEFE DE LABORATORIO



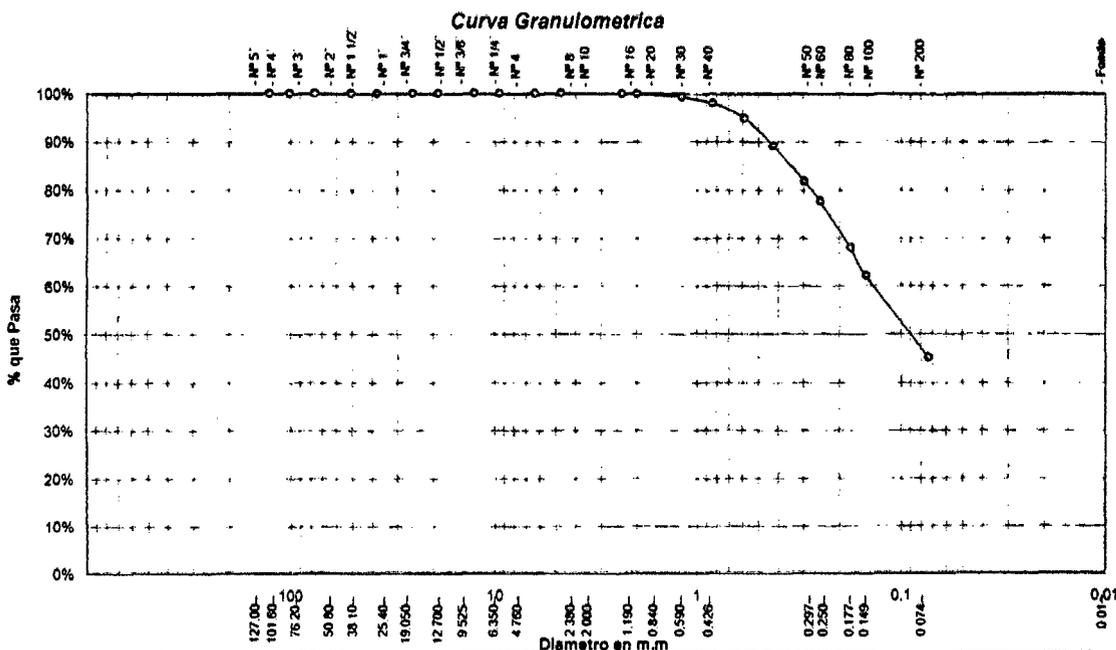
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 COMPLEJO UNIVERSITARIO JR ORELLANA CUADRA 05 TELEFONO 521383-521384 ANEXO 20
 lenusasm2010@gmail.com
 TARAPOTO - PERU

Proyecto: Determinación de la capacidad Portante del Suelo del Sector Coperholta, Distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín Region San Martín.
 Localización del Proyecto: Sector Coperholta, Dist. Tarapoto, Prov. San Martín, Region San Martín Kilometraje: _____
 Descripción del Suelo: Suelo Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 0.90 -3,00 m Calicata: C-15 M III
 Hecho Por: Bach. Heleny del C. Chavez Ramirez. Fecha: 02/09/2014

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422 - N.T.P. 400.012

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo
Ø (mm)						Modulo de Fineza AF:
6"	127,00					Modulo de Fineza AG:
4"	101,60					Equivalente de Arena:
3"	76,20					Descripción Muestra:
2"	50,80					Grupo suelos partículas gruesas
1 1/2"	38,10					Sub-Grupo: Arenas
1"	25,40					Arena arcillosa con matriz de arcilla color amarillento
3/4"	18,050					SC A
1/2"	12,700					SUCS = SC
3/8"	9,525					AABHTO = A-6(4)
1/4"	6,350					LL = 33,87 WT = 96,00
Nº 4	4,750			100,00%		LP = 17,28 WT+SAL = 306,00
Nº 8	2,380	0,28	0,09%	99,91%		IP = 16,59 WT+6DL = 300,00
Nº 10	2,000	0,09	0,03%	99,88%		IG = 4 WT+SAL = 280,37
Nº 16	1,180	1,93	0,64%	99,23%		D 90 = %ARC = 164,37
Nº 20	0,840	3,91	1,30%	97,93%		D 60 = %ERR = 46,21
Nº 30	0,690	9,31	3,10%	94,83%		D 30 = Cc = 0,00
Nº 40	0,426	16,86	5,63%	89,20%		D 10 = Cu =
Nº 60	0,297	22,43	7,48%	81,72%		DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENsayado
Nº 80	0,250	12,39	4,13%	77,59%		El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcilla, de consistencia media con finos de 45,20%, de plasticidad media, LL = 33,87%, color amarillento, con matriz de arena fina e media con una resistencia al corte de regular, buena
Nº 100	0,177	26,81	9,80%	67,99%		% de Humedad Natural de la muestra ensayada
Nº 200	0,074	50,83	16,88%	45,21%		Numero de latido = 31
Fondo	0,01	135,63	45,21%	100,00%		Peso del agua = 0
TOTAL	300,00					Peso del tarro = 96
						Peso del tarro + Mh = 396
						Peso suelo húmedo = 300
						Peso del tarro + Ms = 396
						Peso suelo seco = 300
						% Humedad Muestr = 0,00



Clasificación - ASTM	Clasificación - AASHTO
Piedras mayores 3"	
GRAVA	GRAVA GRUESA, GRAVA MEDIA, GRAVA FINA
ARENA	ARENA GRUESA, ARENA FINA
ARCILLA	LIMO, ARCILLA



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

[Firma manuscrita]

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP Nº 72706

JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPLEJO UNIVERSITARIO AV ORELLANA CUADRA 05 - TELEFONOS 042521364-042521365 ANEXO 21

TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080

INFORME : LEM UNSM-T

DESCRIPCION DEL SUELO:

ARENA ARCILLOSA

TEISIS : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

ESTADO DEL SUELO:

INALTERADO

UBICACION : SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

DISPOSITIVO UTILIZADO :

ELECTRONICO

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

HORA DE ENSAYO

12:40 AM

CALICATA: C - 15 M III

Profundidad: 0.90 - 3.00 m

Velocidad : 0.5 mm/min

Muestra : III

Estado : INALTERADO

Clasificación SUCS: SC

ESPECIMEN 1

Altura: 20.00 mm
 Lado: 60.00 mm
 D. Seca: 1.61 gr/cm³
 Humedad: 8.30 %
 Esf. Normal: 0.56 kg/cm²
 Esf. Corte: 0.38 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20.00 mm
 Lado: 60.00 mm
 D. Seca: 1.61 gr/cm³
 Humedad: 8.34 %
 Esf. Normal: 1.11 kg/cm²
 Esf. Corte: 0.62 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20.00 mm
 Lado: 60.00 mm
 D. Seca: 1.61 gr/cm³
 Humedad: 8.27 %
 Esf. Normal: 1.67 kg/cm²
 Esf. Corte: 0.86 kg/cm²

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
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	0,14	0,25
0,30	0,17	0,30
0,45	0,18	0,33
0,60	0,20	0,36
0,75	0,22	0,39
0,90	0,24	0,42
1,05	0,25	0,44
1,20	0,25	0,44
1,50	0,26	0,45
1,80	0,27	0,47
2,10	0,29	0,50
2,40	0,31	0,53
2,70	0,33	0,56
3,00	0,35	0,59
3,60	0,37	0,62
4,20	0,37	0,62
4,80	0,38	0,62
5,40	0,37	0,61
6,00	0,37	0,61

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,12	0,11
0,06	0,14	0,13
0,12	0,18	0,16
0,18	0,20	0,18
0,30	0,24	0,21
0,45	0,26	0,23
0,60	0,29	0,26
0,75	0,32	0,28
0,90	0,34	0,30
1,05	0,37	0,32
1,20	0,38	0,34
1,50	0,41	0,36
1,80	0,43	0,38
2,10	0,46	0,40
2,40	0,49	0,42
2,70	0,52	0,45
3,00	0,55	0,47
3,60	0,58	0,49
4,20	0,60	0,50
4,80	0,61	0,51
5,40	0,61	0,50
6,00	0,62	0,50

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0,00	0,00	0,00
0,03	0,16	0,09
0,06	0,19	0,11
0,12	0,24	0,15
0,18	0,27	0,16
0,30	0,30	0,18
0,45	0,34	0,20
0,60	0,38	0,22
0,75	0,41	0,24
0,90	0,45	0,26
1,05	0,48	0,28
1,20	0,52	0,31
1,50	0,56	0,33
1,80	0,60	0,35
2,10	0,63	0,37
2,40	0,67	0,39
2,70	0,71	0,41
3,00	0,75	0,43
3,60	0,80	0,45
4,20	0,82	0,46
4,80	0,85	0,47
5,40	0,85	0,47
6,00	0,86	0,47

OBSERVACIONES:

La muestra ha sido extraída de acuerdo a normas vigentes y establecidas en nuestro país, homologadas con normas internacionales



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



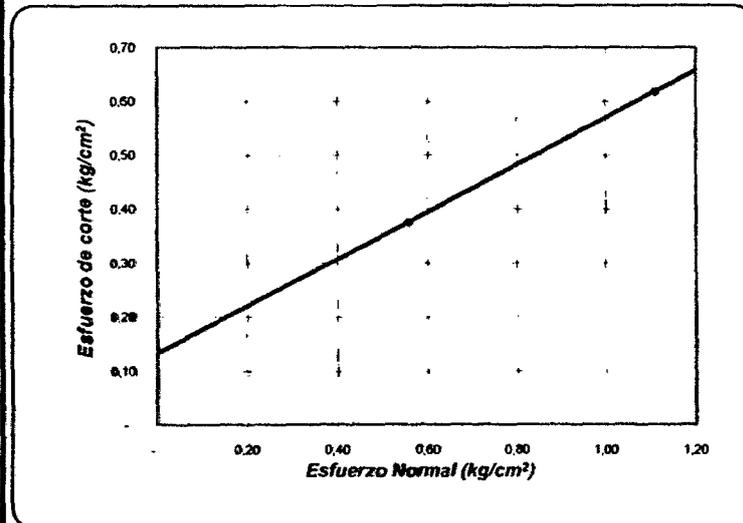
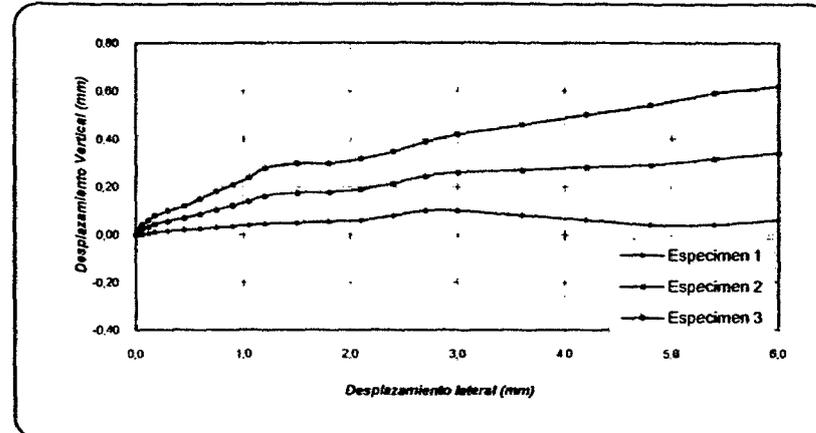
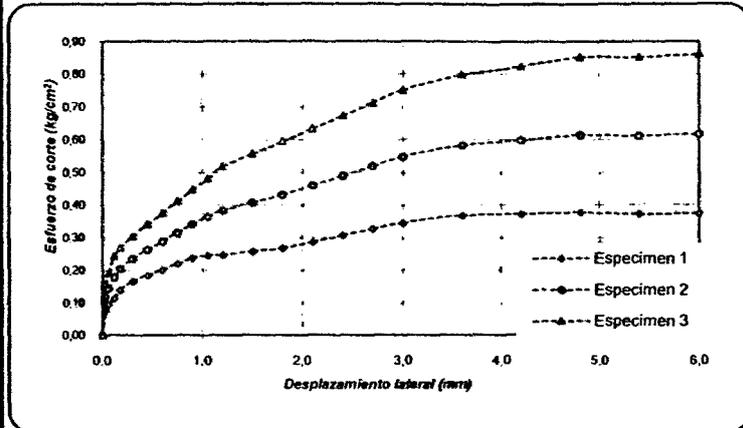
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Complejo Universitario Av. Orellana Cuadra N° 05 Telefonos 042521364-042521365 anexo 21
TARAPOTO - PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM D3080



ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

PROYECTO: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA.
DIST. TARAPOTO, PROV. SAN MARTIN, REG. SAN MARTIN

UBICACIÓN: SECTOR COPERHOLTA, DIST. TARAPOTO, PROV. Y REG. SAN MARTIN

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2014

Sondaje: C - 15 M III
Muestra: III

Profundidad: 0.90 - 3.00 m
Estado: INALTERADO

N° ANILLO	1	2	3
Esfuerzo Normal	0,56	1,11	1,67
Esfuerzo de corte	0,38	0,62	0,86

Resultados:

Cohesión (c):	0,14 kg/cm ²
Ang. Fricción (φ):	24 °



IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO

8.1 ANEXO N°01.02:

REGISTRO DE EXCAVACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elabora :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C-01		Nivel freático No Presenta (m)		Prof. Exc.		3,00 (m)	
Cota As. (m)		300,00		Cota As. 300,00 (máxim)		ESPESOR (m)		HUMEDAD (%)	
Estrato		Descripción del Estrato de suelo				CLASIFICACION		FOTO	
						AABHTO		SUCS	
						SIMBOLO			
300,00		I Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,25 metros				A-B		CL-PT	
299,75									
299,00		II El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 39.11% . de plasticidad baja, LL = 23.15%, color marron oscuro, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.				A-4(0)		SC	
297,00		III El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 46.71% , de plasticidad media, LL = 34.94%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.				A-6(4)		SC	

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO ROFATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elabora :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C -02		Nivel freático No Presenta (m)		Prof. Exc. 3,00 (m)		Cota As. 300,00 (manm)	
Cota As. (m)		Estrato		Descripción del Estrato de suelo		CLASIFICACION		ESPESOR	
						AASHTO SUC6 SIMBOLO		(m)	
300,00		I		Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,25 metros		A-8 CL-PT		0,25	
299,75		II		El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactad media con finos de 46,38% , de plasticidad media, LL = 30,01%, color marron oscuro, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.		A-6(3) SC		0,85 10,06	
299,10		III		El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactad alto con finos de 46,69% . de plasticidad media, LL = 31,18%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.		A-6(3) SC		2,10 12,52	
297,00									

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO RATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521383-042521384 ANEXO 21
 Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elabora :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación :		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C-03	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	300,00 (mm)		
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO	
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO				
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 1,00 metros	A-8	CL-PT		1,00			
299,00	II	Suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura resistencia en seco media, con dilatación muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 50,49% con LL = 34,14%; con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 49,51%	A-6(5)	CL		0,30	13,79		
288,70	III	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactación media con finos de 46,26%, de plasticidad media, LL = 35,20%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-6(4)	SC		1,70	13,31		
297,00									

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 extraídos, colectados, transportados y preparados de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A. S. T. M. (registro sin escala)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO ROFATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					Elabora :	BACH. H.C.R.		
Proyecto :	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN					Reviso :	ING. I.G.R.A.		
Ubicación	DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN					Fecha :	29/08/2014		
Calicata N°	C -04	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	300,00 (msnm)	ESPESOR	HUMEDAD	FOTO
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			(m)	(%)		
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO				
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,20 metros	A-8	CL-PT		0,20			
299,80	II	Suelo arcilloso Inorganico de plasticidad media, color marrón, de consistencia semi dura resistencia en seco media, con dilatación muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 62,06% con LL = 38,24%; con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 37,94%	A-6(9)	CL		0,50	16,15		
299,20	III	El suelo es una arena mal graduada con presencia de arena limosa suelta de grano medio a fino no plástico con finos en un 11,38%, color amarillento con una resistencia al corte de regular a buena de compacidad alta con presencia de gravas T.M. 3"	A-2-4(0)	SP-SM		2,20	2,30		
297,00									

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 extraídos, colectados, transportados y preparados de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país y homologadas con normas A.S.T.M. (registro sin escala)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elabora :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Fecha :		29/08/2014	
Calicata N°	C -05	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	300,00 (msnm)	ESPESOR	HUMEDAD	FOTO
Cota As. (m)	Estrato	Descripcion del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO	
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO				
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 1,00 metros	A-8	CL-PT	(Hand-drawn symbol)	0,30			
299,70	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 48,72% , de plasticidad media, LL = 36,32%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.	A-6(5)	CL	(Hand-drawn symbol)	2,70	12,78		
297,00									

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PEATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elaboro :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Fecha :		29/08/2014	
Calicata N°	C-06	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	300,00 (msnm)	ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo			CLASIFICACION				
					AASHTO	SUCS	SIMBOLO		
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,60 metros			A-8	CL-PT		0,60	
299,40									
	II	Suelo arcilloso inorganico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura resistencia en seco media, con dilatancia muy lenta, tenacidad media, con presencia de finos en un 62,06% con LL = 38,24%; con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 37,94%			A-6(5)	CL		2,46	13,52
297,00									

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elaboro :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C -07		Nivel freático No Presenta (m)		Prof. Exc.		3,00 (m)	
Cota As.		300,00		Cota As.		300,00		(manm)	
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO	
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO				
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,90 metros	A-8	CL-PT		0,90			
289,10	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactación media con finos de 42,85% , de plasticidad media, LL = 32,02%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.	A-8(2)	SC		2,10	12,56		
287,00									

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	Elaboro :	BACH. H.C.R.
Proyecto :	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN	Reviso :	ING. I.G.R.A.
Ubicación :	DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN	Muestra :	II Y III
		Fecha :	29/08/2014

Calicata N°	C -08	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc.	3,00 (m)	Cota As.	300,00 (mnm)	ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO	
										CLASIFICACION
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo				AASHTO	SUCS	SIMBOLO		
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,40 metros				A-8	CL-PT		0,40	
299,60	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactad media con finos de 37,80% , de plasticidad baja, LL = 21,77%, color marron oscuro, con matriz de arena fina e media con una ,resistencia al corte de regular e buena.				A-4(0)	SC		0,80	6,14
299,00	III	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactad media con finos de 43,14% , de plasticidad media, LL = 33,60%, color amarillento, con matriz de arena fina e media con una ,resistencia al corte de regular e buena.				A-6(3)	SC		2,00	13,02
297,00										

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			Elaboro :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN			Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ublcación		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN			Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C -09	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc. 3,00 (m)	Cota As. 300,00 (menm)	Fecha :		29/08/2014
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,50 metros	A-8	CL-PT		0,50		
299,50	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 35,98% , de plasticidad baja, LL = 23,14%, color marron oscuro, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.	A-4(0)	SC		0,60	5,03	
298,90	III	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 43,17% , de plasticidad media, LL = 35,07%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.	A-6(3)	SC		1,80	12,74	
297,00								

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM TARAPOTO

IVAN GUSTAVO ROFATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12105
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elaboro :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación :		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C -10		Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc. 3,00 (m)	Cota As. 300,00 (msnm)		Fecha : 29/08/2014	
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO	
			AASHTO	SUCS	GIMBOLO				
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,30 metros	A-B	CL-PT		0,30			
299,70	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactidad media con finos de 43,46%, de plasticidad media, LL = 30,76%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-6(3)	SC		2,70	9,84		
297,00									

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
'FFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
 Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elabora :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Revisó :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación :		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C -11		Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc. 3,00 (m)	Cota As. 300,00 (msnm)		Fecha : 29/08/2014	
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO	
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO				
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,30 metros	A-8	CL-PT		0,30			
299,70	II	El suelo es una arena limo arcillosa, mezcla de arena, limo y arcilla de compacidad media, con 36,95% de finos color marrón oscuro, de plasticidad baja LL = 21,93%, de densidad natural media, con matriz de arena media a fina con una resistencia al corte de regular buena.	A-4(0)	SM-SC		0,60	8,59		
289,10	III	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 45,45%, de plasticidad media, LL = 30,25%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-6(3)	SC		2,10	13,18		
297,00									

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO PEATEGUI ACEDO
 INGENIERO CIVIL CIP N° 12103
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
 Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	Elaboro :	BACH. H.C.R.
Proyecto :	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN	Revisó :	ING. I.G.R.A.
Ubicación :	DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN	Muestra :	II Y III
		Fecha :	29/08/2014

Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,30 metros	A-8	CL-PT		0,30		
299,70								
	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 42,11% , de plasticidad baja, LL = 26,33%, color marron oscuro, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.	A-4(1)	SC		0,60	8,91	
299,10								
	III	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 47,13% , de plasticidad media, LL = 38,99%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una ,resistencia al corte de regular a buena.	A-6(5)	SC		2,10	14,63	
297,00								

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Rfategui Acedo

IVAN GUSTAVO RFATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			Elaboro :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN			Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación :		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN			Muestra :		II	
Calicata N°		C -13	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc. 3,00 (m)	Cota As. 300,00 (mnm)	Fecha :		29/08/2014
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,40 metros	A-8	CL-PT		0,40		
299,60	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 49,00% , de plasticidad media, LL = 31,39%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-6(4)	SC		2,60	9,81	
287,00								

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO RATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 12100
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			Elaboro :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN			Reviso :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación :		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN			Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C -14	Nivel freático No Presenta (m)	Prof. Exc. 3,00 (m)	Cota As. 300,00 (manm)	Fecha :		02/09/2014
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO			
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,30 metros	A-8	CL-PT		0,30		
299,70	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 44,96% de plasticidad baja. LL = 27,86%, color marron oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-6(2)	SC		0,70	9,15	
299,00	III	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compacidad media con finos de 46,54% de plasticidad media, LL = 36,02%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-6(5)	SC		2,00	11,84	
297,00								

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72706
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNSM - T
 COMPLEJO UNIVERSITARIO AV. ORELLANA CUADRA 05 TELEFONOS 042521363-042521364 ANEXO 21
 Tarapoto - Perú

REGISTRO DE EXCAVACION

Ejecuta :		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				Elaboro :		BACH. H.C.R.	
Proyecto :		DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DEL SECTOR COPERHOLTA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Revisó :		ING. I.G.R.A.	
Ubicación		DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN				Muestra :		II Y III	
Calicata N°		C - 16		Nivel freático No Presenta (m)		Prof. Exc.		3,00 (m)	
Cota As.		300,00		Cota As.		300,00		(msnm)	
Cota As. (m)	Estrato	Descripción del Estrato de suelo	CLASIFICACION			ESPESOR (m)	HUMEDAD (%)	FOTO	
			AASHTO	SUCS	SIMBOLO				
300,00	I	Suelo arcilloso limoso contaminado con mezcla de arena con raíces que se profundizan hasta los 0,30 metros	A-8	CL-PT		0,30			
299,70	II	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactación media con finos de 38,12%, de plasticidad baja, LL = 22,82%, color marrón oscuro, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-4(0)	SC		0,60	8,62		
299,10	III	El suelo es una arena arcillosa, mezcla de arena y arcillas, de compactación media con finos de 45,20%, de plasticidad media, LL = 33,87%, color amarillento, con matriz de arena fina a media con una resistencia al corte de regular a buena.	A-6(4)	SC		2,10	13,00		
297,00									

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)



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
UNSM - TARAPOTO

Ivan Gustavo Reategui Acedo

IVAN GUSTAVO REATEGUI ACEDO
INGENIERO CIVIL CIP N° 72705
JEFE DE LABORATORIO

8.2 ANEXO N°02: INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DEL SENAMHI



PERÚ

Ministerio
del AmbienteServicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú**INFORMACION METEOROLOGICA
PARA: HELENY CHAVEZ RAMIREZ
SEGÚN PROFORMA N° 348-DR-9/2014****ESTACION: CO "TARAPOTO"**Latitud : 06° 28'
Longitud : 76° 22'
Altura : 356 m.s.n.m.Departamento : SAN MARTIN
Provincia : SAN MARTIN
Distrito : TARAPOTO

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm.)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2014	154.7	134.2	296.6	128.9	145.1	50.4	81.1	51.8	82.7	196.8			1322.3

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN °C													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2014	26.6	25.9	25.7	25.5	26.3	25.9	25.7	25.9	26.5	26.0			26.0

EVAPORACION TOTAL MENSUAL EN (mm.) (TANQUE)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2014	68.3	49.0	43.3	37.5	43.0	47.5	57.7	71.9	68.2	58.2			544.6

NOTA LA PRESENTE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

Tarapoto 19 de noviembre del 2014


Ing. M.Sc. Felipe Huamán Solís
DIRECTOR REGIONAL
SENAMHI - SAN MARTIN

8.3 ANEXO N°03: PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRÁFICO

➤ EXPLORACIÓN DE SUELOS

UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio definido para el presente proyecto de tesis es el Sector Coperholta, dentro del cual se encuentran los subsectores:

- Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. “Los Indanos”
- Asociación de Vivienda “La Colina”
- Asociación de Vivienda “Las Lomas de San Pedro”.

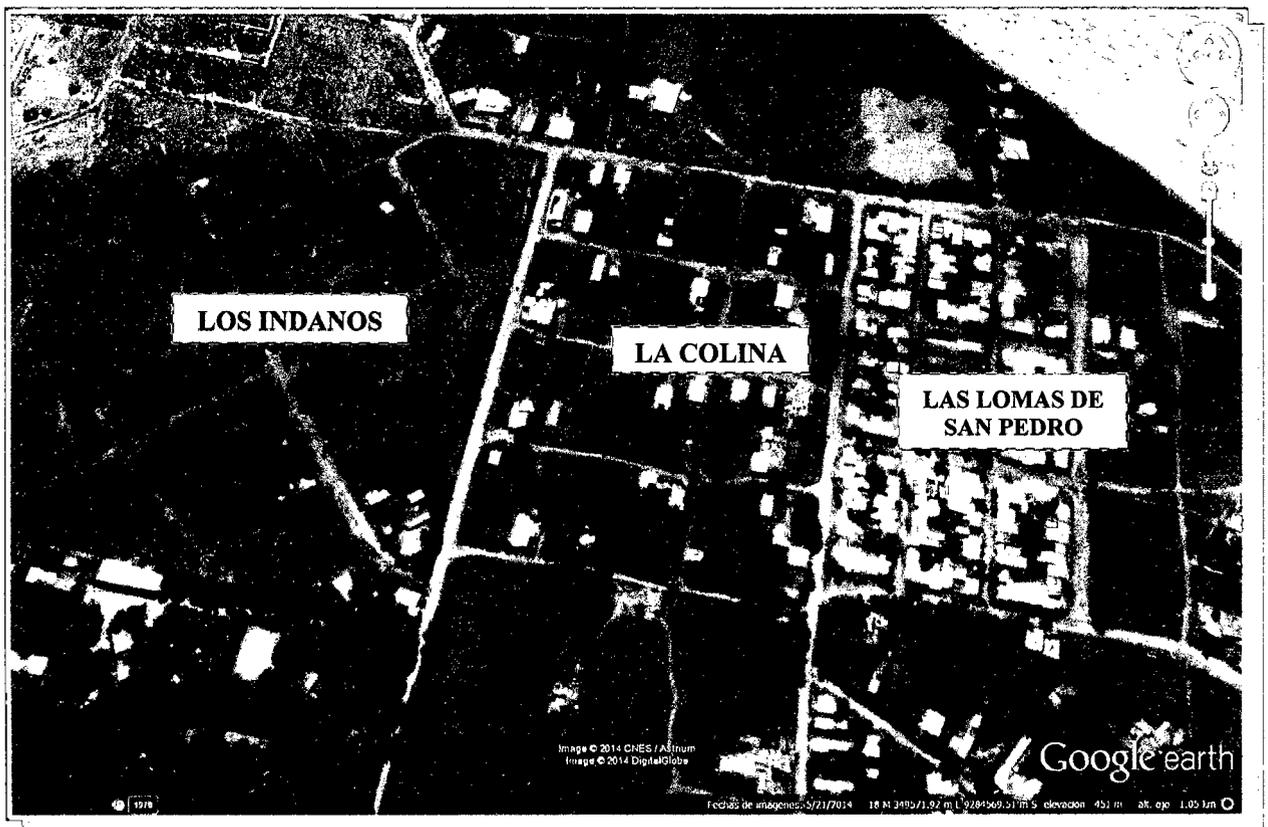


Foto N°01: Imagen captada del Google Earth de la zona explorada, donde se observa la ubicación de los Subsectores que son parte del proyecto de tesis.

El tamaño de las calicatas realizadas fue de 1.40x1.00m y de 3.00m de profundidad aproximadamente.



Foto N°02: Vista en Google Earth de la Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. “Los Indanos”.



Foto N°03: Vista de la Asociación de Vivienda “La Colina”.



Foto N°04: Vista Asociación de Vivienda "Las Lomas de San Pedro".

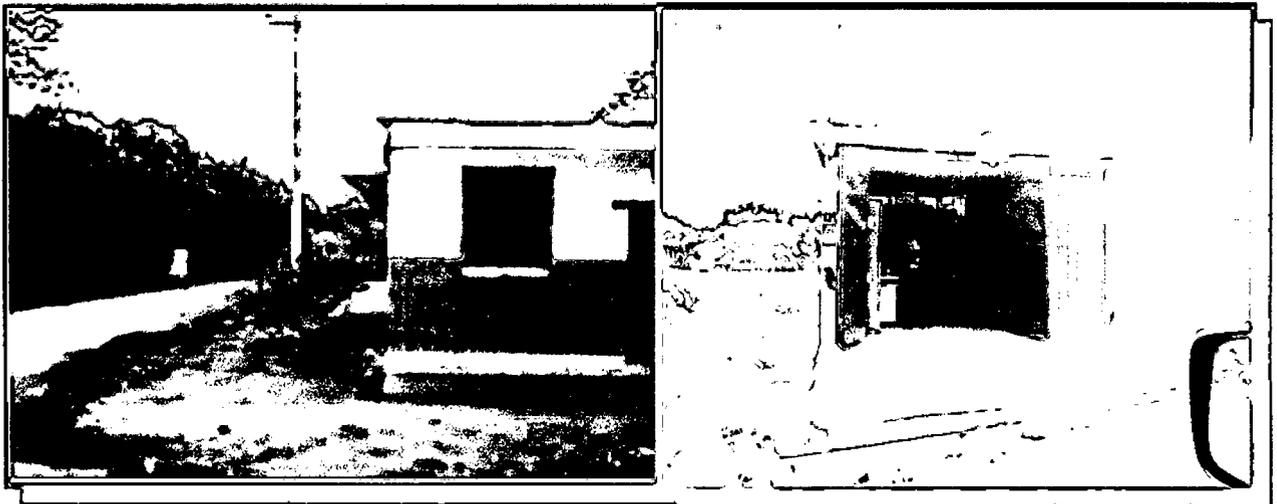


Foto N°05: Vista del tipo de viviendas presentes en la zona de estudio.

PASOS REALIZADOS EN LA EXPLORACIÓN



Foto N°06: Paso 1.- Limpieza del lugar donde se realizará la excavación, ubicación del punto y área a excavar (1.40x1.00m).



Foto N°07: Paso 2.- Se comienza con la excavación dejando gradas de entre 0.40 a 0.50m, para facilitar el proceso de la extracción de la muestra, para así poder bajar y subir sin problemas del fondo de la calicata hacia la superficie.

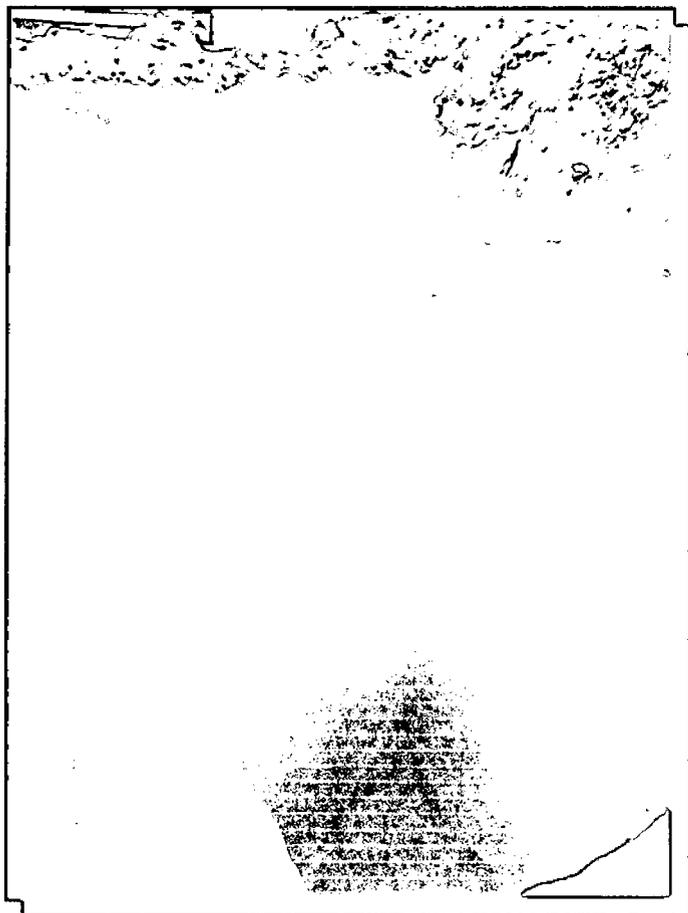


Foto N°08: Una vez alcanzado los 3.00m, podemos hacer un reconocimiento a simple vista de tipos de suelo que se encuentran en dicha calicata. Se realiza el Registro de Excavación.

Foto N°09: Luego se procede a realizar la extracción de las muestras, una del tipo inalterada en bloque, y las otras muestras del tipo alterada en bolsa, donde se coloca porciones de muestra según el tipo de Horizonte encontrado en la exploración, que servirán para realizar los ensayos de granulometría, límites plástico y líquido, para luego proceder a su clasificación.



CALICATA 01

Coordenadas: 349458N – 9284973E

Cota : 424.00 m.s.n.m.

Ubicación : Pasaje Las Guanabas – Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. “Los Indanos”



Foto N°10: Vista de la calicata N°01. Se procedió primero a la ubicación del punto en la zona de la Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. “Los Indanos”, realizando la respectiva limpieza previa del lugar y delimitando el tamaño de la calicata que se excavó. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno, la existencia de suelos arenos-arcillosos.

CALICATA 02

Coordenadas: 349492N – 9284854E

Cota : 454.00 m.s.n.m.

Ubicación : Pasaje Los Huitos / Calle Los Cerezos – Asociación Pro
Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. “Los Indanos”

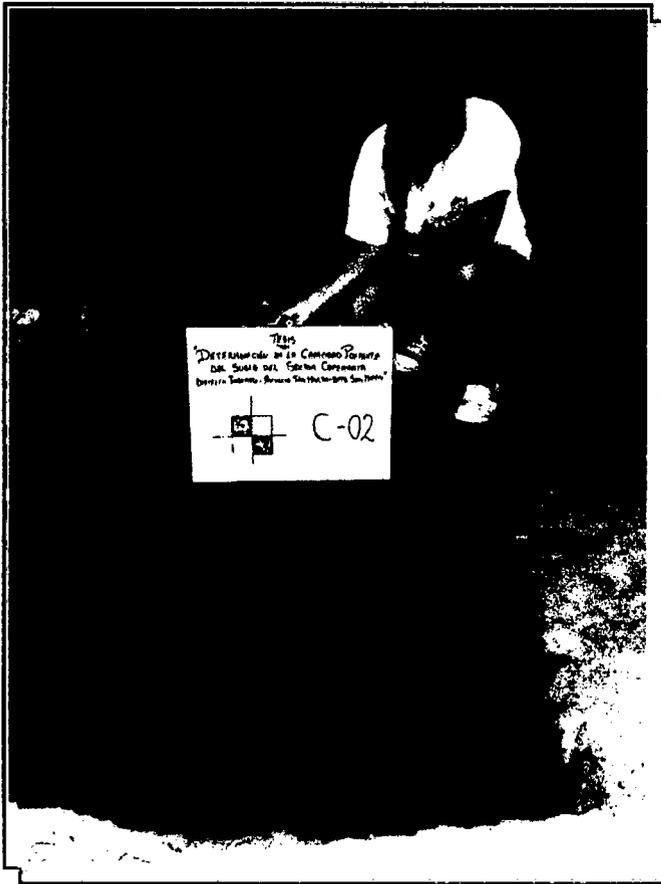
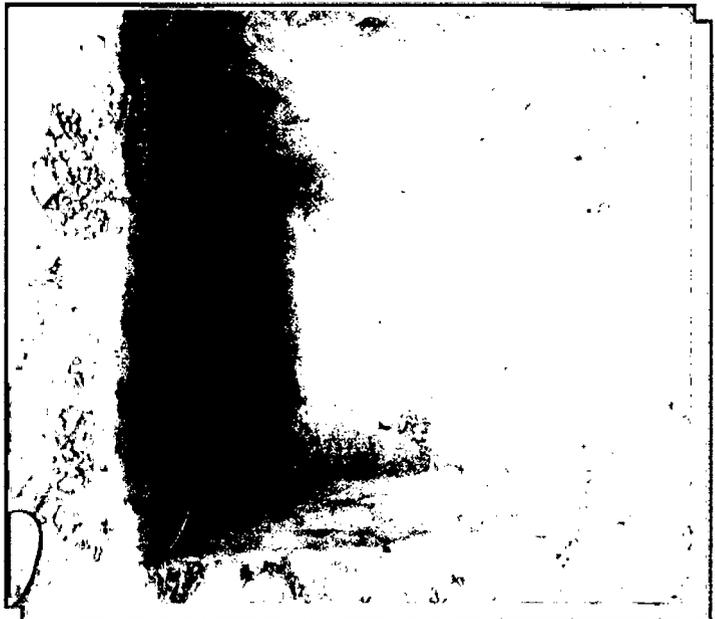


Foto N°11: Vista de la calicata N°02. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una capa de material orgánico, así como también la existencia de suelos arenos arcillosos de baja plasticidad.



CALICATA 03

Coordenadas: 349295N – 9284781E

Cota : 453 m.s.n.m.

Ubicación : Pasaje Los Limones / Jr. Los Marañoses – Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. “Los Indanos”



Foto N°12: Vista de la calicata N°03. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una capa de material orgánico, además de la existencia de suelos areno arcillosos de baja plasticidad.

CALICATA 04

Coordenadas: 349396N – 924635E

Cota : 449.00 m.s.n.m.

Ubicación : Jr. Las Sandías – Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. “Los Indanos”

Foto N°13: Vista de la calicata N°04. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una delgada capa de suelo orgánico, luego la existencia de suelos areno arcillosos, color amarillento, compacto con poca humedad.



CALICATA 05

Coordenadas: 349650N – 9284757E

Cota : 459.00 m.s.n.m.

Ubicación : Pasaje Los Limones / Pasaje Las Manzanas – Asociación Pro Vivienda Zona Agraria Nueve – Urb. "Los Indanos"



Foto N°14: Vista de la calicata N°05. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una capa de material orgánico, y la existencia de suelos areno arcillosos de baja plasticidad, no compacto.

CALICATA 06

Coordenadas: 349497EN – 9284635E

Cota : 451.00 m.s.n.m.

Ubicación : Jr. Proyecto / Calle Los Filodendros – AA.VV. "La Colina"

Foto N°15: Vista de la calicata N°06. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno capa de material orgánico, además de la existencia de suelos areno arcillosos de color amarillento, semi compacto.



CALICATA 07

Coordenadas: 349650N – 9284757E
Cota : 466.00 m.s.n.m.
Ubicación : Jr. Proyecto / Calle Vista Hermosa – AA.VV. “La Colina”

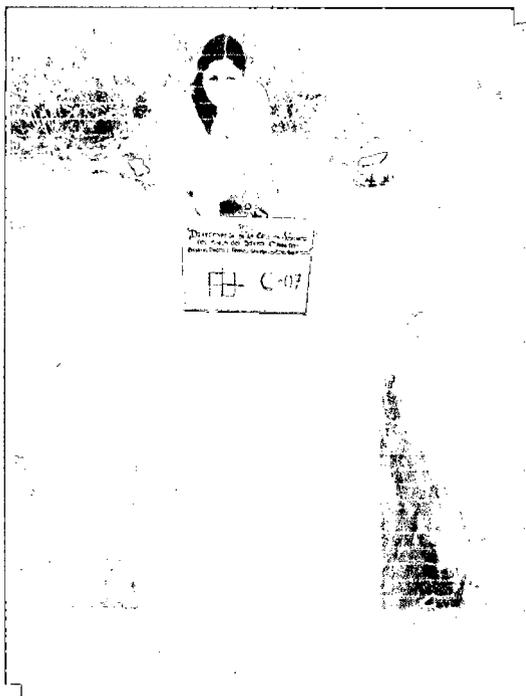
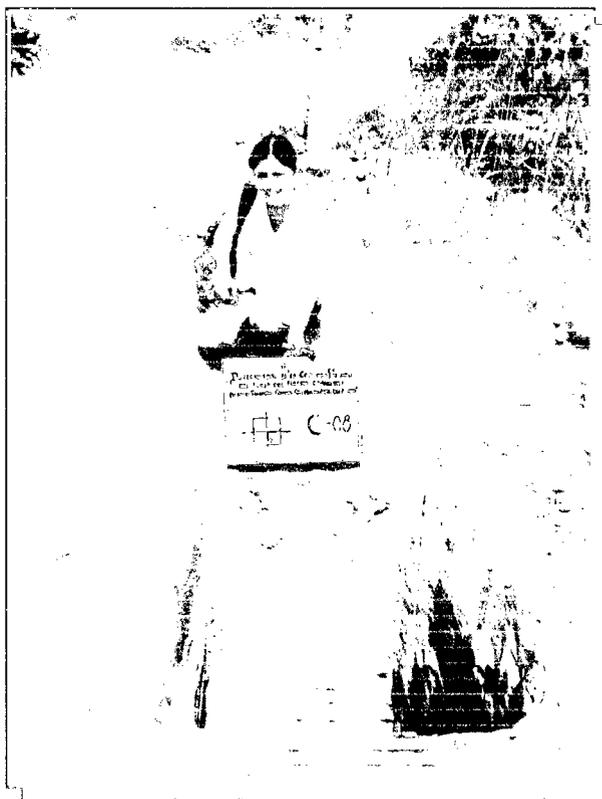


Foto N°16: Vista de la calicata N°07. Se pudo observar en la estratigrafía del Terreno capa de material orgánico, y la existencia de suelos areno arcillosos de baja plasticidad, suelo compacto.

CALICATA 08

Coordenadas: 349526N – 9284483E
Cota : 448.00 m.s.n.m.
Ubicación : Pasaje Los Almendros / Calle Los Buganbiglias – AA.VV. “La Colina”

Foto N°17: Vista de la calicata N°08. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno capa de material orgánico, la existencia de suelos areno arcillosos de color amarillo con trazos de marrón, semi compacto. También se observó suelos areno arcillosos de color amarillento, compacto.



CALICATA 09

Coordenadas: 349632N – 9284551E

Cota : 455.00 m.s.n.m.

Ubicación : Pasaje Los Almendros / Calle Los Heliconeos – AA.VV. "La Colina"



Foto N°18: Vista de la calicata N°09. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno con una capa de material orgánico, luego una capa de suelo areno arcillosos de color amarillo con trazos marrón de material semi compacto. Además de una capa de material areno arcilloso de color amarillo, semi compacto.

CALICATA 10

Coordenadas: 349582N – 9284405E

Cota : 448.00 m.s.n.m.

Ubicación : Jr. 20 de Agosto / Jr. San Pedro – AA.VV. "Lomas de San Pedro"

Foto N°19: Vista de la calicata N°10. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una capa de material orgánico, además de material areno arcilloso de color amarillo claro, compacto. También otra capa de material areno arcilloso de color amarillento con presencia de areniscas, compacto.



CALICATA 11

Coordenadas: 349676N – 9284499E

Cota : 453.00 m.s.n.m.

Ubicación : Calle Los Heliconeos / Jr. San Pedro – AA.VV. “La Colina”

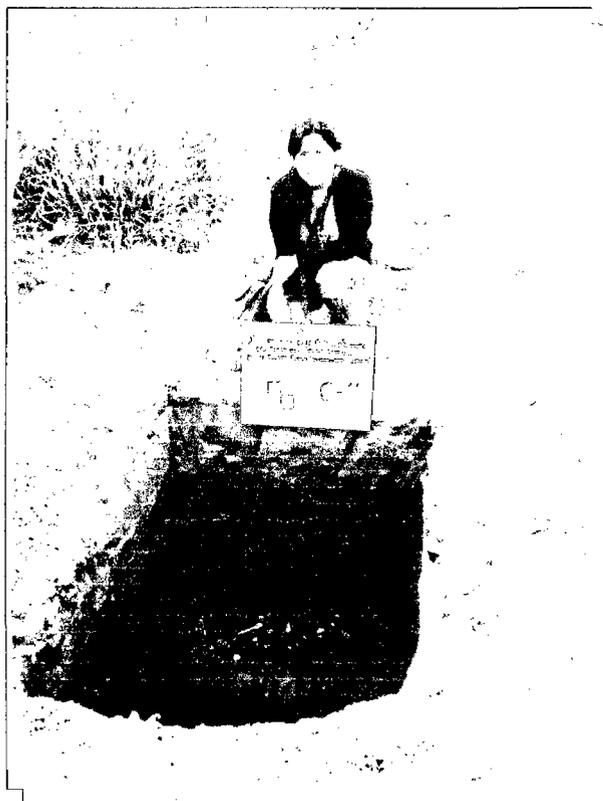


Foto N°20: Vista de la calicata N°11. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno capa de material orgánico, así como también una capa de arena arcillosa de color marrón, compacto. Además de suelos areno arcilloso de color amarillo oscuro, compacto.

CALICATA 12

Coordenadas: 349794N – 9284587E

Cota : 465.00 m.s.n.m.

Ubicación : Jr. San Pedro / Jr. Las Luciérnagas – AA.VV. “Lomas de San Pedro”

Foto N°21: Vista de la calicata N°12. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una capa de material orgánico, además de una capa de material areno arcilloso de color marrón con trazos negros, compacto; también se observó material areno arcillosos de color amarillo oscuro, compacto.



CALICATA 13

Coordenadas: 349913N – 9284470E
Cota : 461.00 m.s.n.m.
Ubicación : Jr. Las Luciérnagas / Jr. Los Ruiseñores – AA.VV. “Las Lomas de San Pedro”



Foto N°22: Vista de la calicata N°13. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una delgada capa de material orgánico, además de material areno arcilloso de color amarillento con trazos de marrón, compacto. También de material areno arcilloso de color amarillo oscuro, compacto.

CALICATA 14

Coordenadas: 349680N – 9284283E
Cota : 445.00 m.s.n.m.
Ubicación : Jr. 20 de Febrero – AA.VV. “Las Lomas de San Pedro”



Foto N°23: Vista de la calicata N°14. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno con una capa delgada de material orgánico, además de una capa de material areno arcilloso compacto color marrón claro, también material areno arcilloso de color amarillo compacto.

CALICATA 15

Coordenadas: 349706N – 9284442E

Cota : 451.00 m.s.n.m.

Ubicación : Jr. 20 de Agosto / Jr. Los Ruiseñores – AA.VV. "Las Lomas de San Pedro"



Foto N°24:
Vista de la calicata N°15. Se pudo observar en la estratigrafía del terreno una capa de material orgánico, además de una capa de material areno arcilloso de color amarillo claro semi compacto, también

material areno arcilloso de color amarillo oscuro con trazos naranja, compacto.

Foto N°25: Vista de algunas de las muestras obtenidas de la exploración de campo que fueron llevadas al laboratorio de la UNSM, preservadas según lo indicado en la Norma E 050.



ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la Universidad Nacional de San Martín y en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín.

➤ INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Foto N°26: Tarros de aluminio donde se colocan las muestras de suelo para ser pesadas y puestas en el horno.

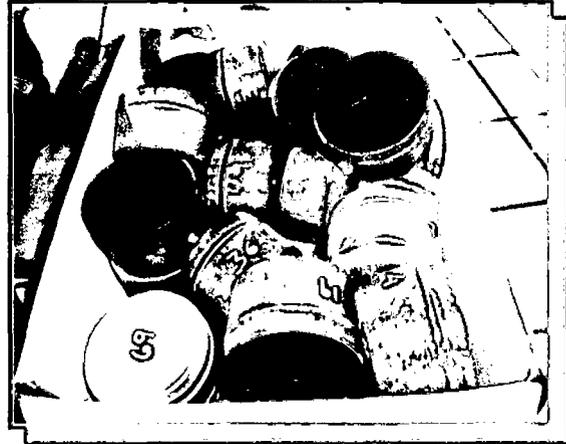


Foto N°27: Tazas de aluminio que sirven para colocar las muestras de suelo para su saturación o para ser colocadas en el horno para su seado.

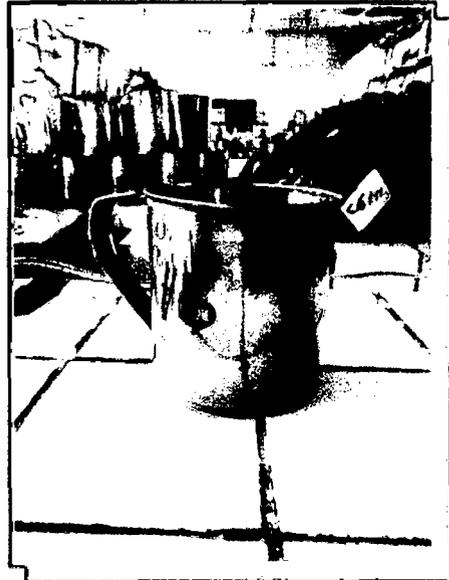
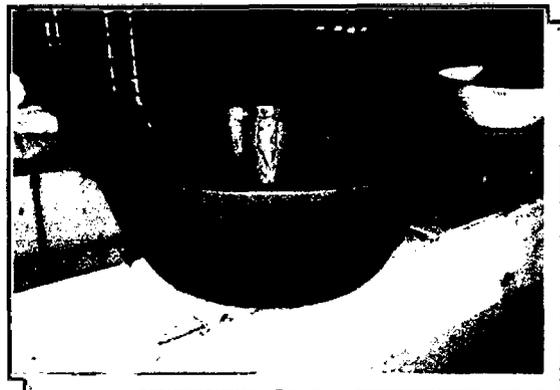


Foto N°28: Bandeja plástica.



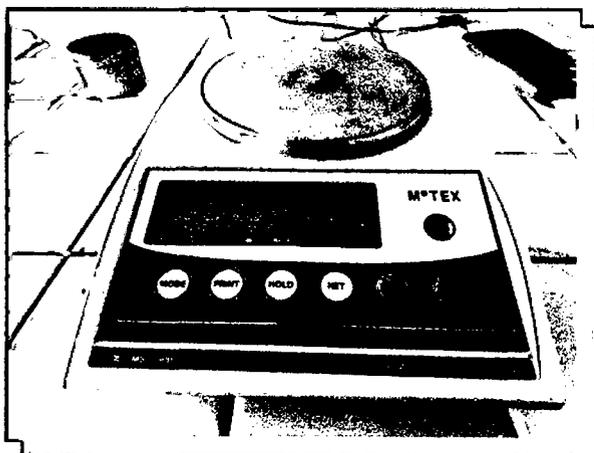


Foto N°29: Balanza digital de sensibilidad 0.01 y capacidad de 1500g.

Foto N°30: Horno eléctrico (estufa) con control de temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, donde se colocan las muestras para su secado.

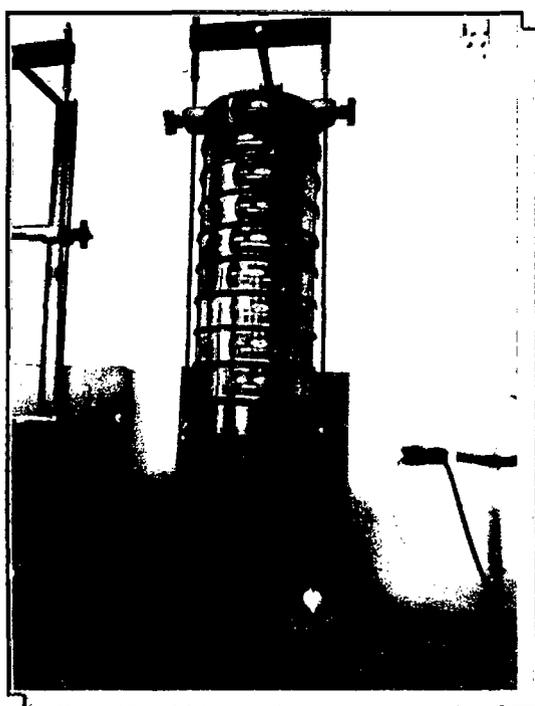
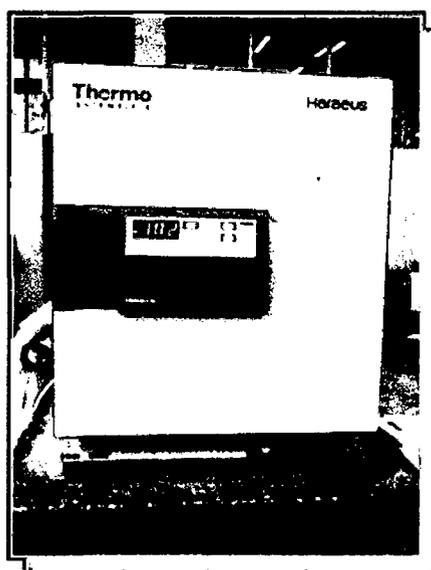


Foto N°31: Juego de tamices, en general se utilizan N°4, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°80, N°100, N°200, plato o cazoleta colocados en la máquina agitadora electrónica de tamices.

Foto N°32: Copa de Casagrande que se utiliza para realizar el ensayo de Límite Líquido.

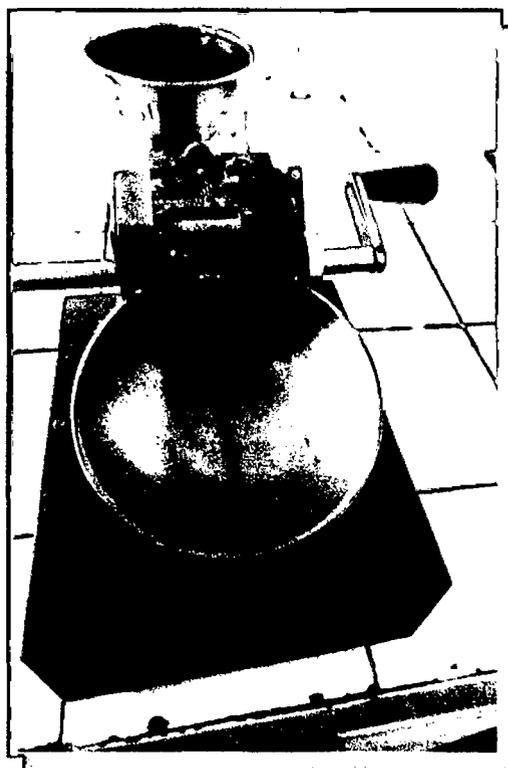


Foto N°33: Máquina de corte, aparato donde se realiza el ensayo de Corte Directo.

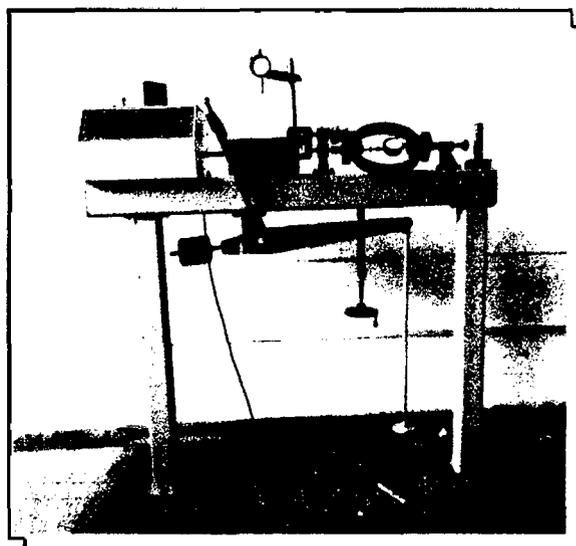


Foto N°34: Desecador de porcelana donde se colocan las muestras para el ensayo de Límite Plástico.



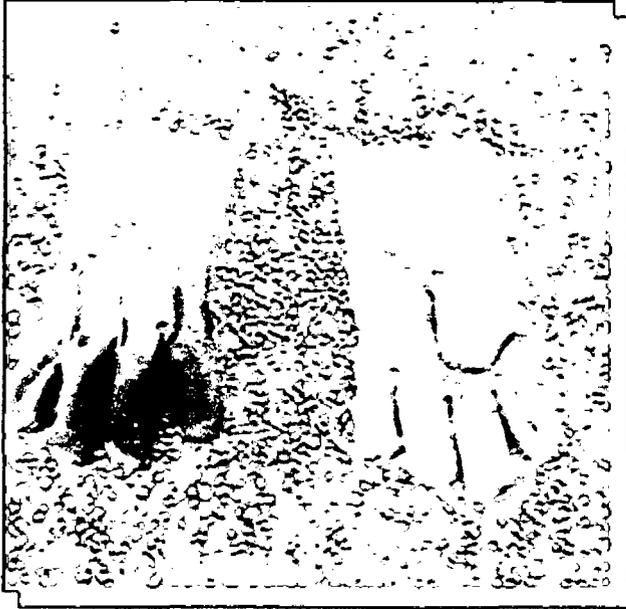


Foto N°35: Guantes de asbesto protectores para sacar muestras del horno.



Foto N°36: Herramientas de corte y tallado: martillo de goma, cincel, wincha, espátulas y cucharones.

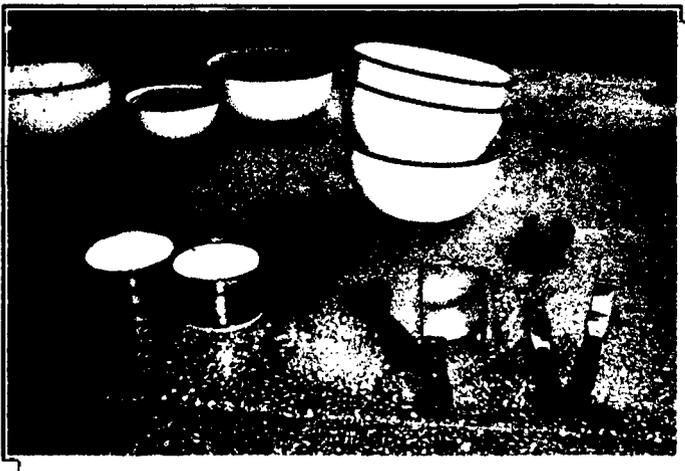


Foto N°37: Tazones, contenedores de aluminio, espátulas, cuchillos y demás herramientas.

➤ CONTENIDO DE HUMEDAD

Foto N°38: Como primer paso se toman tarros que estén completamente limpios y no tenga residuos de antiguas muestras.



Foto N°39: Luego se procede a pesar cada uno de los tarros vacíos, donde se colocaran las muestras.

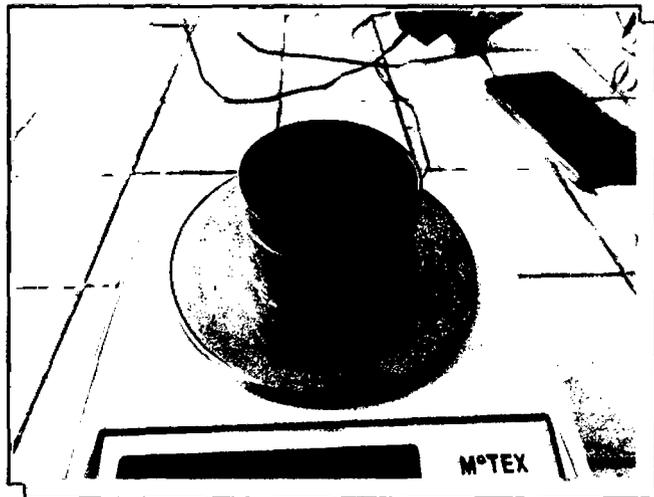


Foto N°40: Luego se coloca una cantidad mínima por espécimen de material húmedo seleccionado (3 muestras por espécimen) en los tarros para ser pesados. En este caso la cantidad mínima colocado por tarro es de 100g.



Foto N°41: Una vez pesadas las muestras son colocadas en el horno y dejadas 24 horas en el.

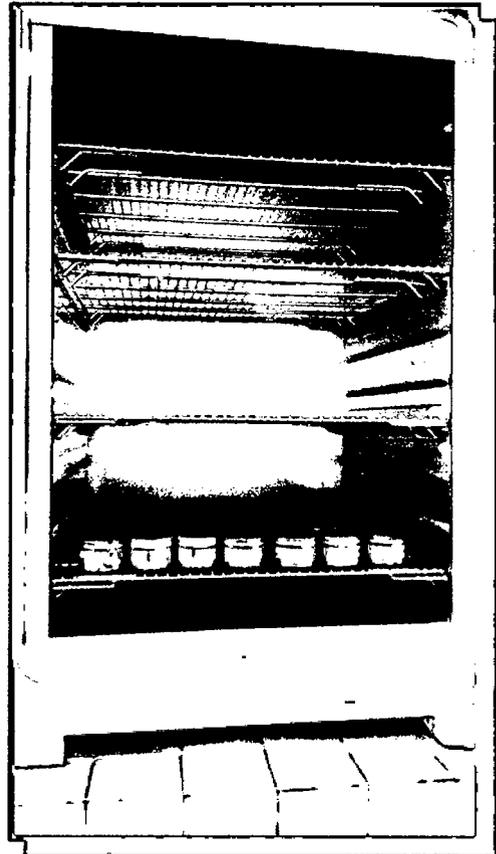


Foto N°42: Al siguiente día se sacan las muestras del horno, se deja enfriar, luego se pesa el tarro y se toma nota del valor obtenido para después realizar el cálculo del contenido de humedad.



➤ **GRANULOMETRÍA**



Foto N°43: Colocar muestras de los especímenes (una muestra por espécimen) de 300 gramos en los tarros y tazas.

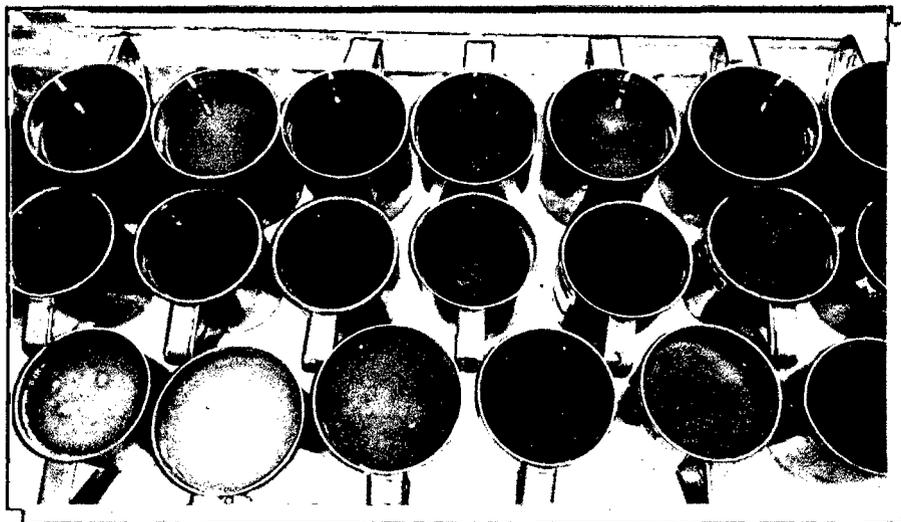


Foto N°44: Luego colocamos las muestras ya pesadas en un envase con agua para su saturación, dejándolas así por un período de 24 horas.



Foto N°45: Al siguiente día se procede a realizar el lavado de la muestra, ayudados en este proceso por la malla N°200, se lava cuidadosamente con agua hasta que se vuelva clara. Se debe tener mucho cuidado de no dañar el tamiz ni perder suelo en este proceso.

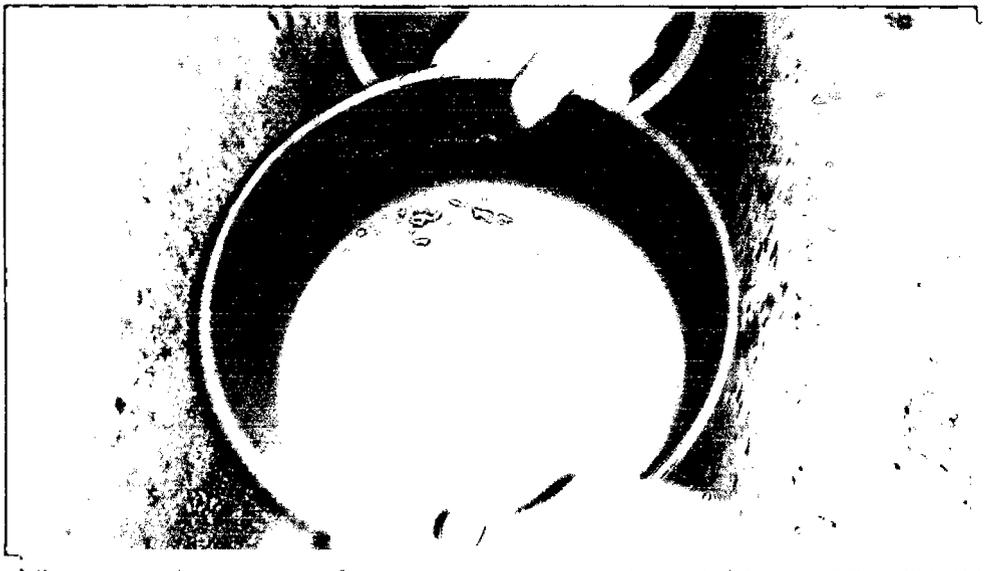


Foto N°46: Una vez colocada la muestra completa en la bandeja de plástico se procede a realizar el lavado de la misma con la ayuda de la malla N°200. Se va colocando poco a poco la muestra en la malla y cuidadosamente se va vertiendo el agua y con suaves masajes se va lavando la muestra.



Foto N°47: Una vez realizado el lavado, la muestra limpia que queda en el tamiz es vertida en un recipiente previamente pesado. Se debe tener cuidado de no dejar partículas de suelo en la malla del tamiz.



Foto N°48: Luego se colocan las muestras en el horno para su secado durante 24 horas.



Foto N°49: Después de transcurrida las 24 horas, se sacan las muestras del horno y se deja enfriar. Luego se procede a pesar las muestras.

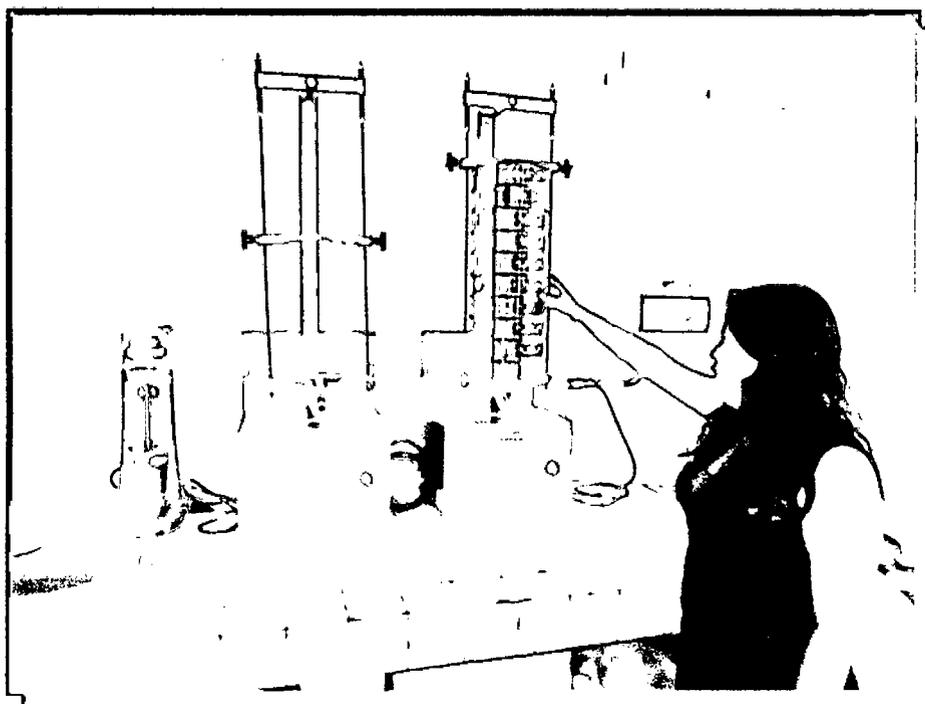


Foto N°50: Una vez pesadas, empezamos con la tamización, utilizando las mallas (en orden decreciente): tapa-N°4-N°8-N°10-N°16-N°20-N°30-N°40-N°50-N°60-N°80-N°100-N°200-plato o cazoleta; las cuales deben estar limpias y libres de partículas retenidas en las mallas.

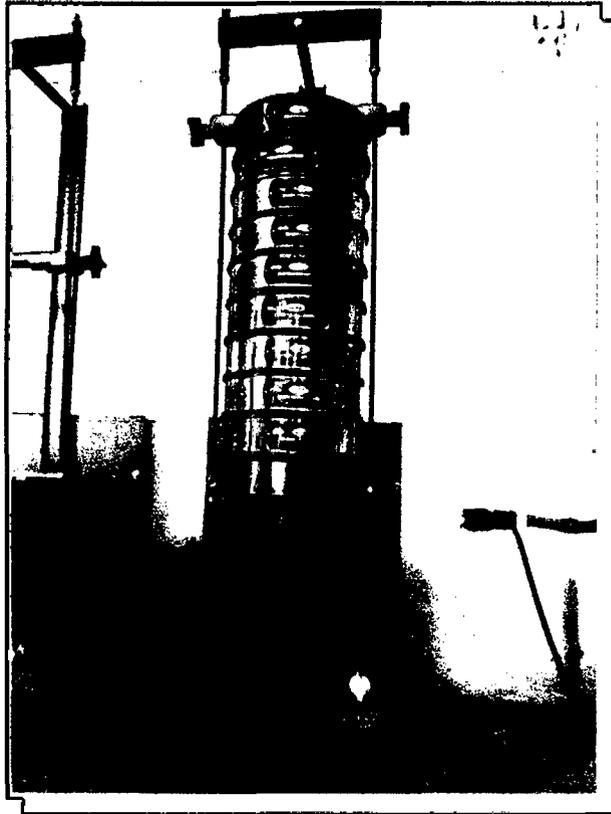


Foto N°51: Colocados los tamices y la muestra en el agitador, este se prende por un período no menor de 10 minutos, para lograr así un mejor tamizado.



Foto N°52: Una vez transcurrido los 10 minutos, se saca el juego de tamices del agitador y se procede a pesar las muestras retenidas en cada tamiz, se debe tener mucho cuidado en este proceso para así no perder ninguna partícula de suelo. Luego los datos (pesos) obtenidos en cada tamiz se usan para realizar los cálculos respectivos.

LÍMITES DE CONSISTENCIA



Foto N°53: Luego de haber pulverizado una cantidad suficiente de cada muestra, se pasa esta por la malla N°40 y se coloca en los tarros de aluminio. Se toma una porción y se coloca en el plato de evaporación y se le va agregando agua destilada, hasta lograr una pasta homogénea, ayudándonos con la espátula a remover la muestra.



Foto N°54: Para el ensayo de Límite Plástico, se toma una porción de suelo aprox. 1cm³, se amasa entre las manos y se hace rodar con la palma de la mano a la base del pulgar, formando un cilindro.



Foto N°55: Cuando se alcance un diámetro aprox. 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 constituido.

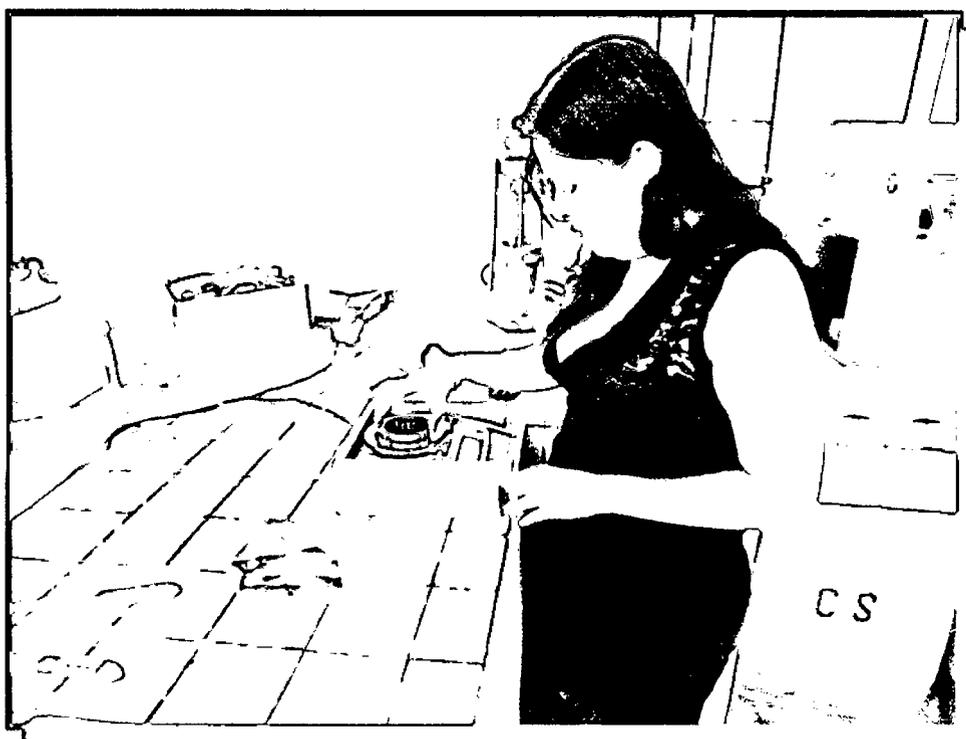


Foto N°56: Una vez obtenidos los trozos, se procede a colocarlos en un recipiente para ser pesados, de ahí se colocan en el horno para su secado.



Foto N°57: Para el ensayo de Límite Líquido, la muestra que se preparó en el desecador de porcelana, es mezclada gracias al uso de la espátula, y se agrega agua hasta que se logre una pasta homogénea.



Foto N°58: Antes de usar la Copa Casagrande, se verifica que la altura de ella sea exactamente 1 cm. Una vez que la muestra alcanza un estado de pegajoso, se coloca unos 50 o 70 gramos en la copa y se alisa la superficie con la espátula.



Foto N°59: De modo que la altura obtenida en el centro sea de 10mm y la masa ocupe un lugar de 16cm³ aprox, Una vez enrasado se pasa el acanalador para dividir la pasta en dos partes. Si se presentan desprendimientos de la pasta en el fondo, se vuelve a reiniciar el procedimiento.



Foto N°60: 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. Finalmente se toma aprox 10g del material que se encuentra en el fondo del canal para determinar la humedad.

CORTE DIRECTO



Foto N°61: Se procede a sacar la muestra de la caja de corte y se saca la muestra requerida para la realización del ensayo, procurando que la muestra no pierda humedad. Ubicamos el molde de corte sobre la muestra, se enrasa la parte superior con la ayuda de un cuchillo.

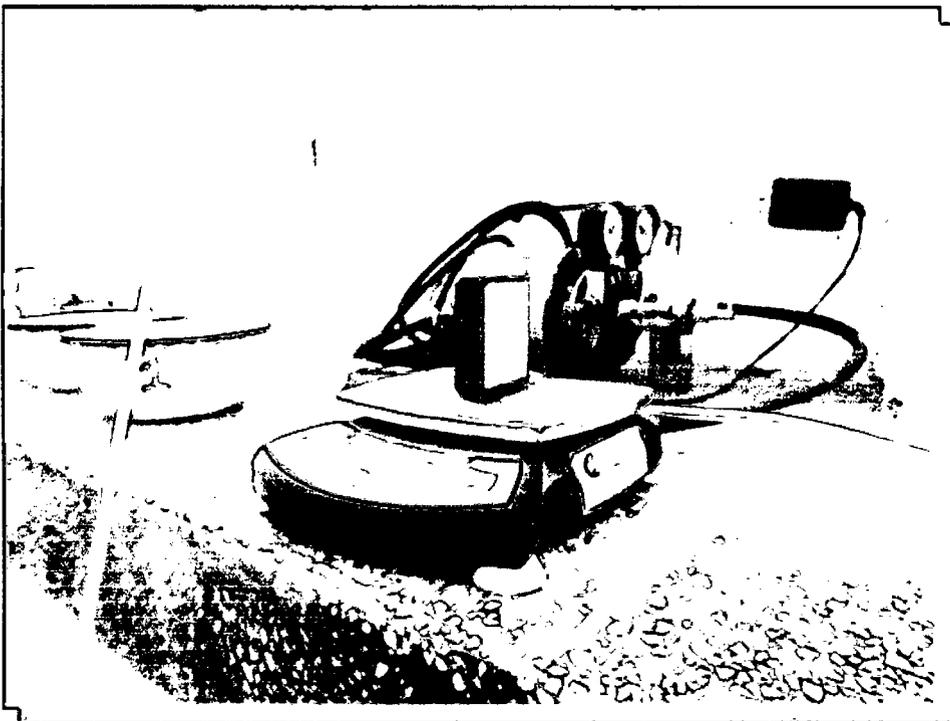


Foto N°62: Una vez retirada la caja de corte con la muestra en ella se procede al pesado de esta.



Foto N°63: Luego la muestra ya pesada es colocada en la cajita de corte de la máquina de corte directo, se retira la muestra del molde, se coloca papel filtro para evitar adherencias. Se coloca la placa superior de carga sobre ella.

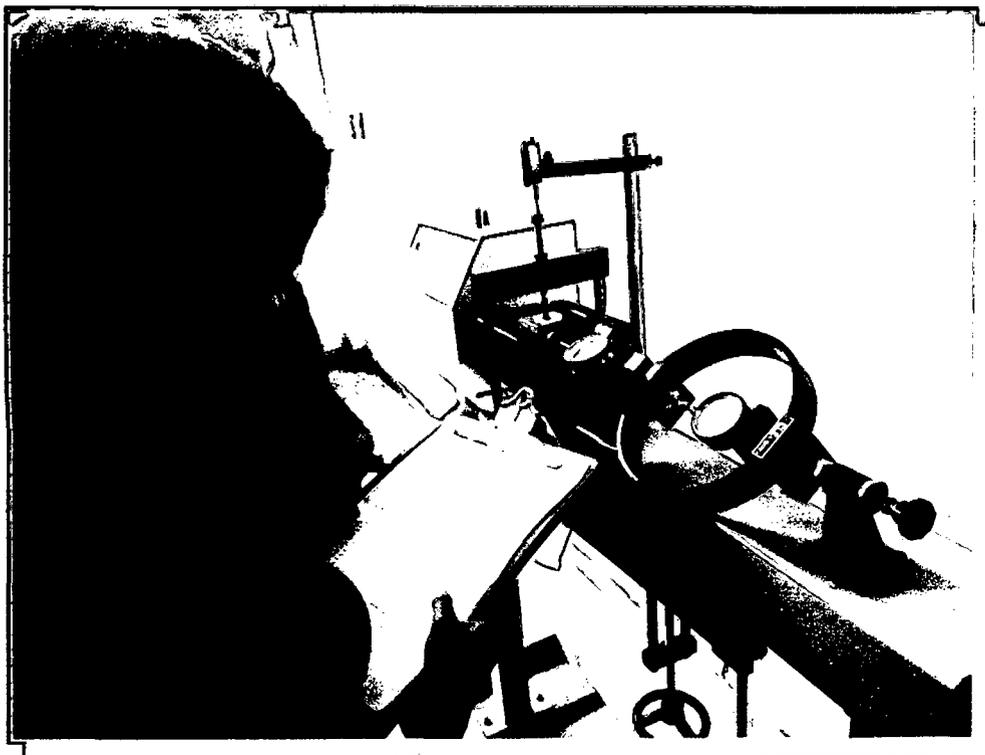


Foto N°64: Se da inicio a la aplicación de las cargas y conforme esta avance se va tomando nota de la lectura de carga.

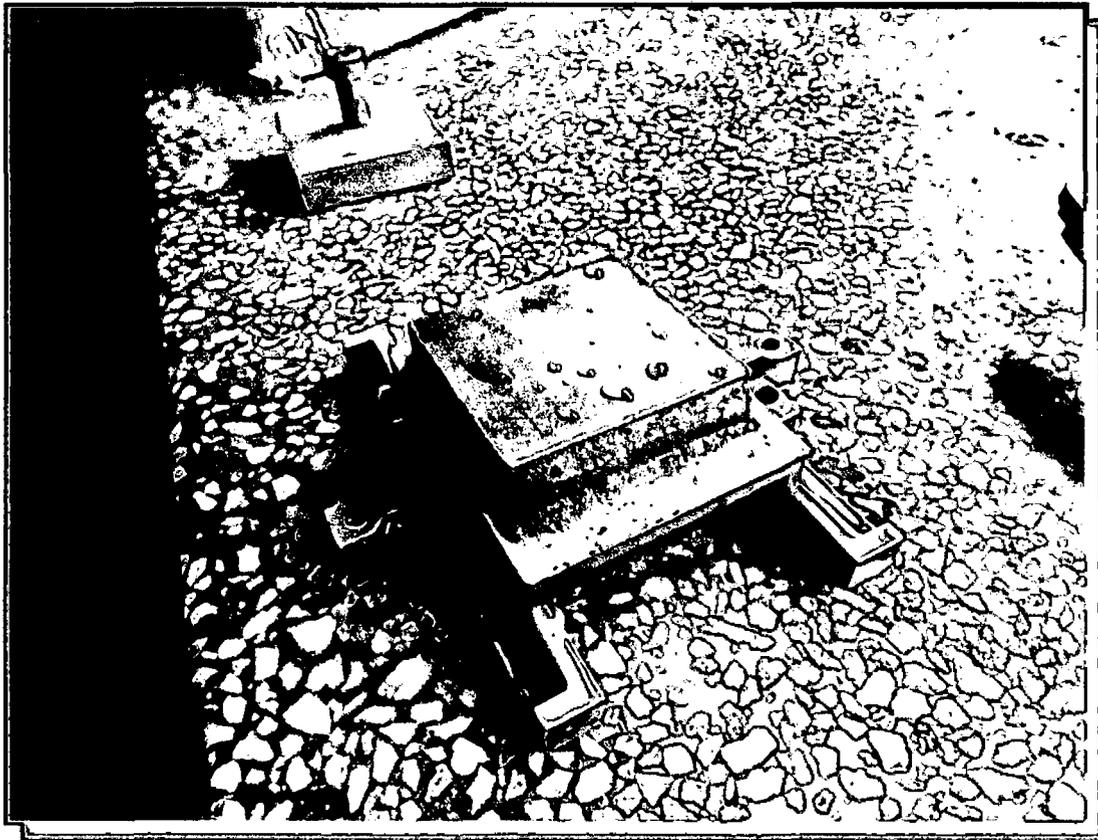


Foto N°65: Una vez finalizado el ensayo se desmonta cuidadosamente la caja de corte y se recupera la muestra, la cual es nuevamente pesada.

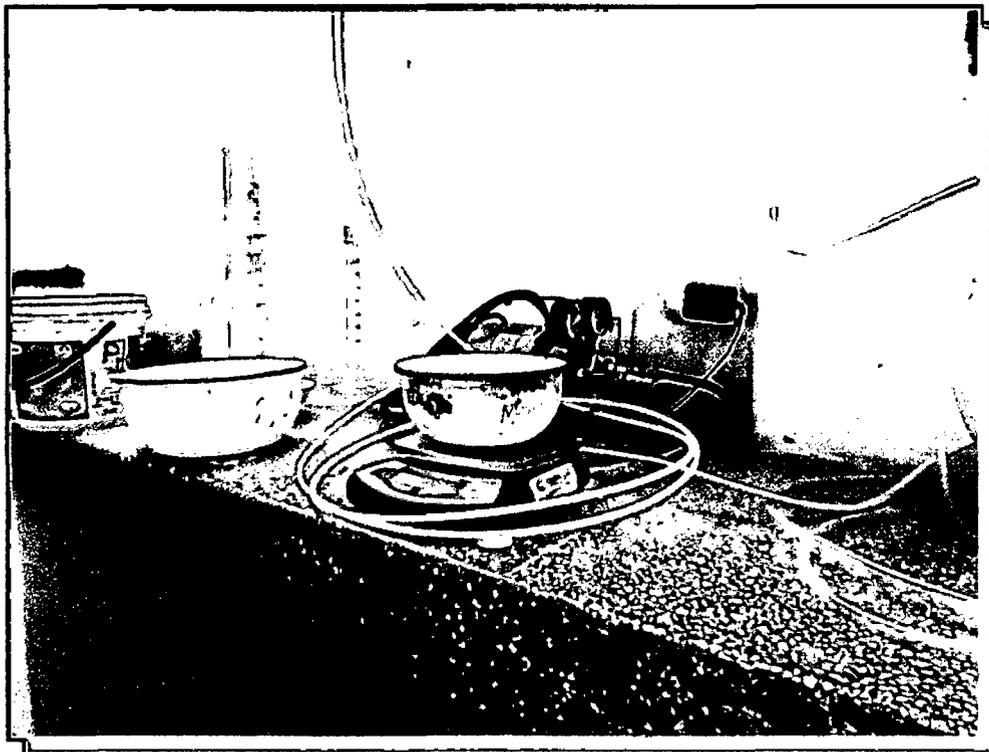


Foto N°66: Pesamos un tazón, donde colocaremos la muestra que quedó del ensayo.

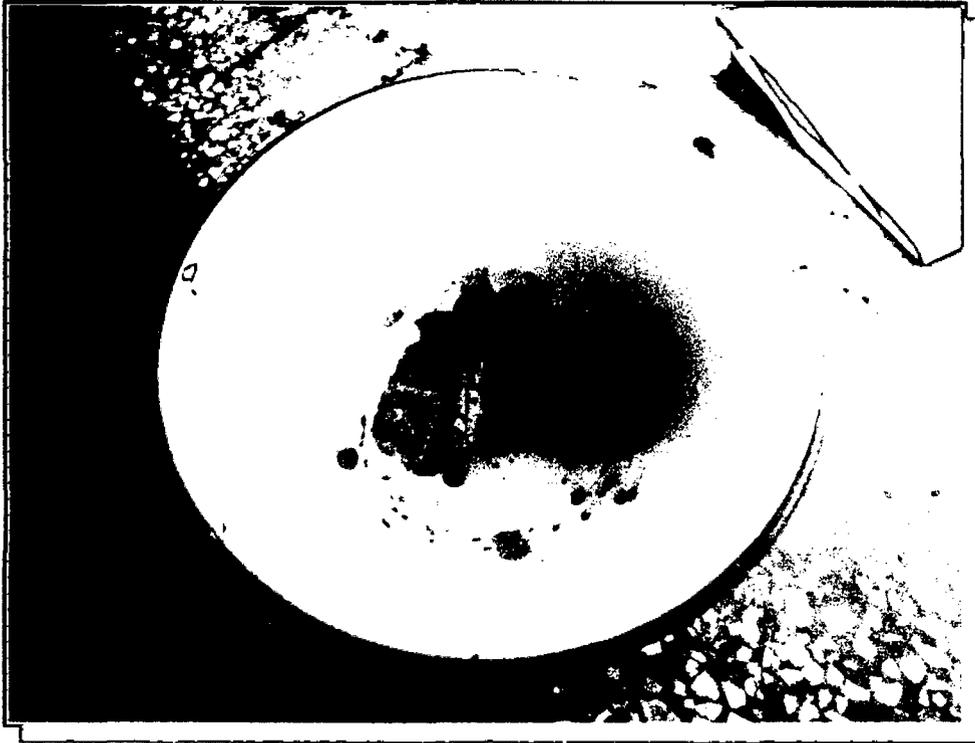


Foto N°67: Colocamos la muestra en el tazón para ser pesada.



Foto N°68: Finalmente la muestra pesada es colocada en el horno. Se procede de la misma manera para todas las demás muestras.

8.4 ANEXO N°04: PLANOS