

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

“ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES  
DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO  
DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA  
ALIANZA - REGIÓN TACNA”

TESIS

Presentada por:

**Bach. Jean Pablo Aya Guillén**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

TACNA - PERÚ

2015



**PÁGINA DE JURADO**



.....

**ING. LUIS ALFARO RAVELLO**  
Presidente



.....

**ING. JORGE BARRIGA GAMARRA**  
Secretario



.....

**ING. CÉSAR AVENDAÑO JIHUALLANGA**  
Vocal



.....

**ING. EDGAR CHURA ARCCUTIPA**  
Asesor

## **DEDICATORIA**

*Con mucho cariño a mis padres, Pablo y Shirley, y a mis hermanos José y Geraldine, quienes siempre me brindaron su apoyo, dedicación y paciencia durante estos cinco años de estudio.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a los docentes, compañeros y amigos de la universidad, a todos quienes de alguna forma me ayudaron a terminar este trabajo.*

## ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	Pag.
1.1. ANTECEDENTES	01
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	02
1.3. HIPÓTESIS	02
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	03
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	04
1.6. OPERACIÓN DE VARIABLES	04
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES	05
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	07
2.1.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN	07
2.1.2. TOPOGRAFÍA E HIDROLOGÍA	09
2.1.3. GEOLOGÍA LOCAL Y REGIONAL	10
2.1.4. GEOMORFOLOGÍA LOCAL Y REGIONAL	11
2.1.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS	13
2.2. VULNERABILIDAD SÍSMICA	14
2.2.1. SISMICIDAD EN LA CIUDAD DE TACNA	14
2.2.2. CARACTERÍSTICAS SISMOTECTÓNICAS DE LA CIUDAD DE TACNA	17

2.2.3.	FRECUENCIA SÍSMICA DE TACNA	18
2.2.4.	GEODINÁMICA DE TACNA	19
2.3.	MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE SUELOS	19
2.3.1.	MÉTODOS INDIRECTOS	20
2.3.2.	MÉTODOS DIRECTOS	26
2.4.	ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	34
2.4.1.	ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN	34
2.4.2.	ENSAYOS PARA DETERMINAR PROPIEDADES MECÁNICAS	42
2.4.3.	ENSAYOS ESPECIALES	48
2.5.	TEORÍAS DE CAPACIDAD DE CARGA	52
2.5.1.	TEORÍA DE TERZAGHI	52
2.5.2.	TEORÍA DE MEYERHOF	56
2.6.	ASENTAMIENTOS	59
2.6.1.	ASENTAMIENTO INMEDIATO	60
2.6.2.	ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN	61
2.6.3.	ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES	63
 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		
3.1.	METODOLOGÍA EMPLEADA	65
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	65
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	66
3.5.	PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	68
3.5.1.	EXPLORACIÓN INDIRECTA POR SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL	69
3.5.2.	EXPLORACIÓN DIRECTA POR MEDIO DE CALICATAS	75

3.6.	ENSAYOS DE LABORATORIO	78
3.6.1.	PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	85
3.6.2.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	88
3.7.	CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA	91
3.8.	ASENTAMIENTO	94
3.9.	MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	97
3.10.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL CASO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL TERRENO ESTUDIADO	102

#### CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.	EXPLORACIÓN PRELIMINAR	107
4.2.	PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO	108
4.3.	CAPACIDAD PORTANTE	112
4.4.	ASENTAMIENTOS	114
4.5.	MICROZONIFICACIONES GEOTÉCNICAS	114

#### CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES	116
5.2.	RECOMENDACIONES	117

BIBLIOGRAFÍA	119
--------------	-----

#### ANEXOS

ANEXO 01:	CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	
ANEXO 02:	INFORME DE ESTUDIO GEOFÍSICO	
ANEXO 03:	PLANOS DE UBICACIÓN Y ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 01.- Matriz de consistencia para la investigación del presente trabajo de Tesis	06
Tabla 02.- Sistemas y unidades geomorfológicas de Tacna	12
Tabla 03.- Factores de capacidad de carga de Terzaghi en falla general de suelos	54
Tabla 04.- Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi en falla local de suelos	56
Tabla 05.- Factores de capacidad de carga modificados por Meyerhof en suelos	59
Tabla 06.- Factores de influencia para asentamientos inmediatos en suelos	60
Tabla 07.- Parámetros elásticos para varios tipos de suelo	61
Tabla 08.- Coordenadas UTM de los puntos de ubicación del sondeo eléctrico vertical realizado en la zona de estudio	72
Tabla 09.- Resistividades y espesores de los horizontes geoeléctricos	73
Tabla 10.- Coordenadas y cotas de las calicatas ejecutadas en la zona del estudio geotécnico	78
Tabla 11.- Relación de muestras obtenidas por calicatas vs laboratorios de mecánica de suelos empleados en el estudio geotécnico	80
Tabla 12.- Resultados de los ensayos estándar UPT de las muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	88
Tabla 13.- Resultados de los ensayos especiales UPT y PUCP de las muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	89
Tabla 14.- Resultados de los ensayos químicos UPT de las muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	90

Tabla 15.- Capacidad de carga del suelo obtenida por el teorema de Meyerhof en cimentaciones corridas para vivienda considerando falla local	93
Tabla 16.- Capacidad de carga del suelo obtenida por el teorema de Terzaghi en cimentaciones corridas para vivienda considerando falla local	94
Tabla 17.- Asentamientos inmediatos para cimentaciones rígidas y flexibles en viviendas de hasta 3 niveles en función del ancho y largo de su cimentación	95
Tabla 18.- Relación de vacíos y peso específico seco típicos para suelos	109
Tabla 19.- Relación del grado de humedad de un suelo granular por medio del tacto	109
Tabla 20.- Descripción de la compacidad relativa en un suelo granular	110
Tabla 21.- Rango aproximado del contenido de humedad vs tipo de suelo	111
Tabla 22.- Relación entre el grado de expansión y el límite líquido en suelos	111
Tabla 23.- Comparación de las teorías de capacidad de carga de Terzaghi y Meyerhof	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 01. Ubicación de la zona de estudio en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza, Tacna	08
Figura 02. Referencia topográfica de la zona de estudio respecto al cerro Intiorko	09
Figura 03. Curva típica de un ensayo de potencial de colapso en suelos	50
Figura 04. Esquema de falla por capacidad de carga en suelos bajo una cimentación rígida corrida	53
Figura 05. Representación de la distorsión angular en un asentamiento diferencial en suelos	64
Figura 06. Vista delantera de un lote de una de las tres asociaciones en la zona de estudio	66
Figura 07. Vista de las tres vías de circulación de la zona del estudio geotécnico	68
Figura 08. Preparación de los equipos para el sondeo eléctrico vertical en la zona de estudio	71
Figura 09. Ejecución del sondeo eléctrico vertical en una vía de circulación en la zona de estudio	74
Figura 10. Excavación a 3 m de profundidad de una de las 12 calicatas ejecutadas en la zona del estudio geotécnico	77
Figura 11. Disposición de las 12 muestras de suelo en el laboratorio de mecánica de suelos de la UPT	81
Figura 12. Preparación de los equipos para obtener la densidad de campo y humedad natural en una de las 12 calicatas de la zona de estudio	81

Figura 13. Ejecución del ensayo de proctor modificado en el laboratorio de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	82
Figura 14. Ejecución del ensayo de límite líquido en el laboratorio de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	82
Figura 15. Ejecución del ensayo granulométrico por tamizado en el laboratorio de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	83
Figura 16. Secado en horno para determinar el contenido de humedad en el laboratorio de la UPT de 4 de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	83
Figura 17. Ejecución del ensayo de corte directo en la UPT de una de las 6 muestras de suelo destinadas a ensayos especiales obtenidas de la zona de estudio	84
Figura 18. Ejecución del ensayo de potencial de colapso en el laboratorio de la PUCP de una de 6 muestras de suelo destinadas a ensayos especiales obtenidas en la zona de estudio	84
Figura 19. Ejecución del ensayo de sales solubles en el laboratorio de química de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio	85
Figura 20. Ubicación de las 6 calicatas ensayadas por corte directo en la zona del estudio geotécnico	97
Figura 21. Representación y distribución en planta de las capacidades portantes del suelo obtenidas en el estudio geotécnico	98

Figura 22. Triangulación y cálculo de nuevas capacidades portantes del suelo generadas a partir de las 6 capacidades portantes obtenidas en el estudio geotécnico	99
Figura 23. Curvas representativas de capacidad portante del suelo obtenidas a partir de las 6 calicatas realizadas en el estudio geotécnico	99
Figura 24. Mapa de microzonificación geotécnica de capacidades portantes de suelo en la zona de estudio	100
Figura 25. Mapa de microzonificación geotécnica de potencial de colapso de suelo en la zona de estudio	101
Figura 26. Mapa de microzonificación geotécnica de compacidad relativa de suelo en la zona de estudio	101
Figura 27. Modelo de cimentación continua con contratraves de carga	103
Figura 28. Ubicación de la zona de estudio respecto al Mapa de Peligros de Tacna	115

## RESUMEN

El presente trabajo de Tesis tiene la finalidad de realizar un estudio de suelos en las asociaciones San Juan Bosco, San Fernando y San Cristobal, asentadas en el cerro Intiorko, distrito Alto de la Alianza de Tacna, con el fin de averiguar si son aptos para la edificación de viviendas.

Los suelos de la zona en estudio pertenecen a la formación geológica Huaylillas y geomorfológica Planicie. Se realizaron los estudios, geofísico en sondeo eléctrico vertical, geotécnico con ensayos en 12 calicatas para la toma de muestras alteradas e inalteradas, y químico para analizar la agresividad de sales, sulfatos y cloruros en estos suelos.

Del sondeo eléctrico vertical, estos suelos están constituidos de arenas finas en estado seco, y de la exploración por calicatas se clasifican como arenas limosas.

De los resultados de los ensayos mecánicos, presentan una densidad natural de  $1,63 \text{ g/cm}^3$ , ángulo de fricción de  $22,7^\circ$ , coeficiente de cohesión de  $0,06 \text{ g/cm}^2$  y colapsabilidad de  $4,04 \%$ ; de los ensayos químicos, estos suelos presentan una concentración de sales en  $0,39 \%$ , sulfatos en  $0,16 \%$  y cloruros en  $0,19 \%$ .

La capacidad portante resultó ser baja, de  $0,92 \text{ kg/cm}^2$  para la construcción de viviendas y  $1,63 \text{ kg/cm}^2$  para estructuras aporticadas, con un asentamiento tolerable de 1 pulgada, concluyendo que los suelos de cimentación en la zona de estudio no son aptos para la construcción de viviendas.

## **INTRODUCCIÓN**

La zona de estudio ubicada hacia el noreste en la planicie del cerro Intiorko, constituye un asentamiento humano dedicado al uso pecuario como crianza de ganado porcino principalmente. De acuerdo a antecedentes a este tipo de áreas, la experiencia nos dice que con el tiempo el área de expansión urbana abarcaría estos terrenos y por lo tanto los servicios que presta serían trasladados a otro lugar, convirtiéndose la zona en urbana y se daría la construcción de viviendas y obras conexas.

En tal sentido, y con el deseo de aportar en el aspecto técnico y que sirva de un elemento de consideración en la toma de decisiones a la problemática descrita, se ha realizado el presente estudio, el cual consta de cinco capítulos:

En el capítulo I se hace referencia al problema de investigación, los antecedentes, hipótesis planteada y objetivos del trabajo, también se describen los antecedentes y las limitaciones de la investigación.

El capítulo II mencionan las características de la zona de estudio, como la ubicación, topografía, geología, condiciones climáticas, también se hace una reseña sobre los métodos de exploración, los tipos de ensayo de laboratorio usados, las teorías de capacidad de carga y tipos de asentamiento.

En el capítulo III se presenta el programa de exploración de campo realizado, se describe el método de sondeo eléctrico vertical, los perfiles estratigráficos, los resultados de los ensayos de laboratorio, el cálculo de la capacidad portante, el asentamiento tolerable y algunas propuestas de solución para edificar.

En el capítulo IV se hace un análisis de los resultados obtenidos, se define la composición geológica y geomorfológica de la zona, se realiza una evaluación de la humedad, densidad relativa, densidad seca, densidad máxima, límite líquido, ángulo de fricción, cohesión y propiedades químicas, la elaboración de un mapa de microzonificación geotécnica correspondiente a la capacidad portante y potencial de colapso de la zona en estudio.

Finalmente, el capítulo V describe las conclusiones y recomendaciones hechas para el presente trabajo de Tesis.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

En la ciudad de Tacna existen estudios geotécnicos y sísmicos tales como: “Estudio de suelos para cimentaciones en edificaciones del Cono Norte de la Ciudad de Tacna” por Juan Silva Aranibar y Jorge Berríos Manzur (UPT - 1998), “Refracción sísmica y remi aplicados a la obtención de los parámetros dinámicos del suelo en el estudio geológico-geotécnico en La Florida, Distrito Alto de la Alianza - Tacna” por Ruben Cahuana Ari (UNJBG - 2009), Plan Director de Tacna (MPT - 2010), Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna (INDECI - 2004) y Compendio Estadístico de Tacna (INEI - 2013).

Todos ellos concluyen que las zonas más vulnerables en cuanto a calidad de suelos se refiere en la ciudad de Tacna se ubican en los distritos del Cono Norte, es decir en los distritos de Alto de la Alianza y de Ciudad Nueva, ubicándose pues la zona en estudio en la jurisdicción del primero de los distritos nombrados.

## **1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

### **Problema General:**

- No existe estudio geotécnico para realizar un adecuado desarrollo urbano en el sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna.

### **Problemas Específicos:**

- Se desconocen las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo del sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna, por ello no se sabe si es apto para cimentar edificaciones para vivienda.
- Hay ausencia de alternativas de solución para cimentar edificaciones para vivienda en la zona de estudio.

## **1.3. HIPÓTESIS**

### **Hipótesis General:**

- Efectuando el estudio geotécnico del suelo del sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna, se podrá realizar un adecuado desarrollo urbano de la zona.

### **Hipótesis Específica:**

- Determinando las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo del sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna, se podrá saber si resulta apto o no para cimentar edificaciones para vivienda.

- Conociendo el tipo de suelo existente en el sector mencionado, se podrá determinar la alternativa de solución en el supuesto que se use con fines de cimentación para viviendas.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El distrito Alto de la Alianza presenta un acelerado crecimiento poblacional debido a la migración de personas de campo a la ciudad, así como de otros departamentos vecinos provocando problemas de dotación de agua potable y desagüe, centros densamente poblados e invasiones asentadas en zonas aledañas a la ciudad como el caso del Sector VII del distrito Alto de la Alianza ubicado sobre el cerro Intiorko.

Dicho sector no está contemplado en el Plan Director de Tacna y se vienen dando una serie de ocupaciones ilegales por intereses políticos y de migración a una vida mejor, además no cuenta con servicios, obras ni asistencia y las viviendas son de material rústico e improvisado, poniendo en riesgo la vida de esas personas ya que dicho sector presenta una alta vulnerabilidad sísmica.

La zona ocupa un área de 208 hectáreas con una población aproximada de 1 200 habitantes y no tiene estudios de mecánica de suelos, por esta razón es indispensable realizar un estudio de suelos para conocer sus características mecánicas en tres asociaciones de vivienda que ocupan un área de 6 hectáreas.

Cabe resaltar que los resultados deben ser considerados como modelo para que las demás asociaciones continúen su jurisdicción.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo General**

Realizar el estudio geotécnico del suelo en la zona de estudio, sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar las propiedades físicas, químicas, mecánicas del suelo, incluyendo su capacidad portante y la posibilidad de ocurrencia de asentamientos diferenciales.
- b. Proponer alternativas de solución para cimentar edificaciones para vivienda en la zona de estudio.
- c. Realizar una microzonificación geotécnica respecto a la capacidad portante y potencial de colapso en la zona de estudio.

## **1.6. OPERACIÓN DE VARIABLES**

### **1.6.1. Variable independiente**

El suelo: Con esta variable se podrá evaluar si las estructuras futuras y existentes podrán soportar las cargas de gravedad y sísmicas, además

de conocer el tipo de cimentación adecuado, ya sean zapatas aisladas, combinadas o conectadas, y proponer tratamientos al suelo de cimentación debido a la agresividad salina encontrada por los ensayos de mecánica de suelos.

#### **1.6.2. Variables dependientes**

Capacidad portante: Esta variable definirá la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre el suelo de cimentación, así mismo influye directamente en el diseño de las cimentaciones para las viviendas que se ubicarían sobre las pampas del cerro Intiorko.

Asentamiento: Esta variable define la respuesta del terreno debido a las cargas aplicadas en las cimentaciones, además permite conocer si el suelo soporta el peso de las estructuras.

Con estas variables se elabora la matriz de consistencia de la investigación, en la tabla 01 de la página 07.

#### **1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES**

La investigación se realizó utilizando métodos de exploración indirecta como el sondeo eléctrico vertical, y exploración directa como el método de pozos a cielo abierto, además se realizaron ensayos de laboratorio de carácter estándar, mediante pruebas clasificatorias, y ensayos especiales considerando el ensayo de corte directo, potencial de

colapso, sales solubles, sulfatos y cloruros. Se realizaron únicamente 12 puntos de exploración sustentados en el capítulo IV, mas no se hizo el estudio para determinar la velocidad de onda del suelo, dejando este punto del trabajo para futuras investigaciones.

Tabla 01.- Matriz de consistencia para la investigación del presente trabajo de Tesis

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PG. No existe estudio geotécnico para realizar un adecuado desarrollo urbano en el sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna.	Realizar el estudio geotécnico del suelo en la zona de estudio, sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna.	Efectuando el estudio geotécnico del suelo del sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna, se podrá realizar un adecuado desarrollo urbano de la zona.	Independiente: El suelo	Los suelos de cimentación ubicados en las pampas del cerro Intiorko del distrito Alto de la Alianza.
P1. Se desconocen las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo del sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna, por ello no se sabe si es apto para cimentar edificaciones para vivienda.		Determinando las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo del sector VII del distrito Alto de la Alianza de Tacna, se podrá saber si resulta apto o no para cimentar edificaciones para vivienda.	Dependiente: La capacidad portante y el asentamiento	Baja capacidad portante del suelo.
P2. Hay ausencia de alternativas de solución para cimentar edificaciones para vivienda en la zona de estudio.		Conociendo el tipo de suelo existente en el sector mencionado, se podrá determinar la alternativa de solución en el supuesto que se use con fines de cimentación para viviendas.		Significativos asentamientos diferenciales para las cimentaciones.

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

##### **2.1.1. Ubicación y Descripción**

El área en estudio se encuentra ubicada en la zona sur del país, específicamente en el Distrito de Alto de la Alianza, Provincia Tacna, Región Tacna. La investigación comprende el estudio de mecánica de suelos de 3 asociaciones localizadas en el cerro Intiorko, pertenecientes al Sector VII del distrito Alto de la Alianza, los cuales ocupan un área de 64 719 m<sup>2</sup>.

Dicha área se encuentra al noroeste de la provincia de Tacna y se asienta a una altitud promedio de 800 m.s.n.m. a 17°59' de latitud sur y a 70°15' de longitud oeste. La distancia del área de estudio a la capital del departamento es de 2,75 km aproximadamente.

La distribución predial del área de estudio está conformada por tres asociaciones de vivienda: San Juan Bosco, San Fernando y San Cristobal, que contienen más de 112 lotes de 625 m<sup>2</sup> aproximadamente cada uno, la circulación interior es a través de tres vías no asfaltadas.

Los terrenos son usados como criaderos de porcino y viviendas, improvisadas de esteras, plásticos y adobe en algunos casos, poniendo en riesgo la seguridad de los pobladores.

El sector no cuenta con ningún servicio básico de agua potable, alcantarillado y de energía eléctrica; así mismo no posee obras de urbanismo como pistas, veredas, alumbrado público, teléfono, etc.

El acceso principal al área de estudio es a través de la carretera Tacna – Tarata, a unos 2,75 km de la ciudad de Tacna, donde se toma un desvío hacia la derecha siguiendo un sendero de 1,37 km desde la curva hasta llegar al área de investigación.

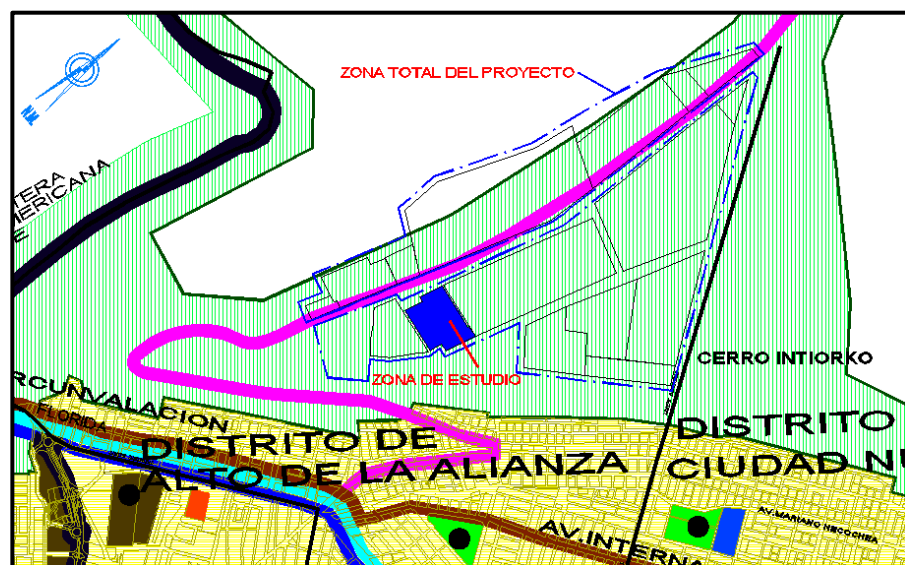


Figura 01. Ubicación de la zona de estudio en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza, Tacna

Fuente: Plan Director de Tacna, 2010

### 2.1.2. Topografía e hidrología

El área que abarca las tres asociaciones se encuentra enmarcada por un entorno ecológico de gran pendiente y las partes altas y llanas del cerro Intiorko, además presenta una pendiente Sur de 6 % y una pendiente Este de 1,5 %, localizada a una altitud promedio de 780 m.s.n.m.

No hay presencia de drenaje superficial ni reportes hidrográficos que demuestren que las precipitaciones sean considerables, ya que los ríos existentes no presentan problemas al lugar, debido a que los excesos son drenados por la quebrada ubicada en el margen izquierdo del valle de Tacna.

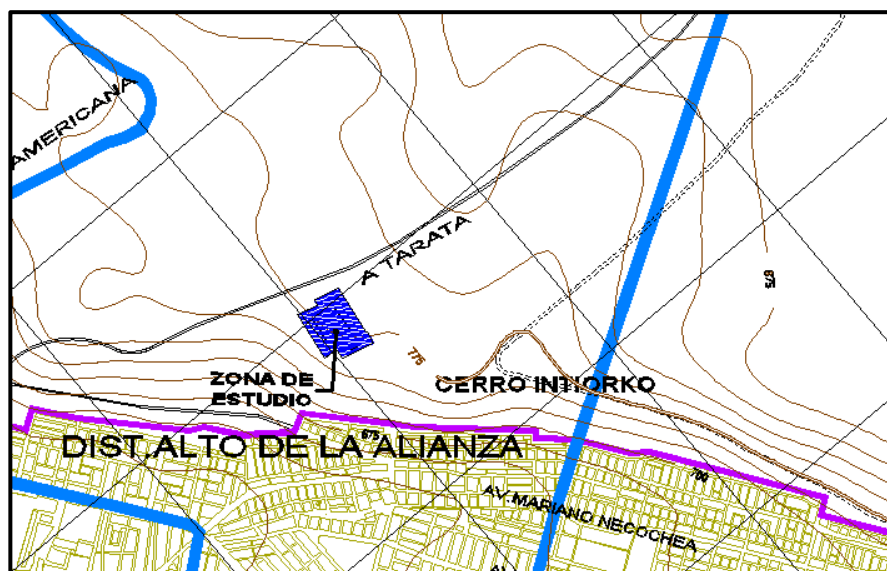


Figura 02. Referencia topográfica de la zona de estudio respecto al cerro Intiorko

Fuente: Plan Director de Tacna, 2010

### **2.1.3. Geología local y regional**

El valle de Tacna se encuentra ubicado en una fosa tectónica con depósitos sedimentarios correspondientes a sedimentos fluviales y derrames volcánicos con abundante presencia de partículas de mica y limo en la zona inferior; en la zona superior a nivel de las asociaciones de vivienda, encontramos partículas de arena con limo sedimentado con presencia de partículas micáceas negras teniendo como base a los depósitos continentales de la formación Moquegua, que consiste de arenas tufáceas, areniscas conglomeradas y lutitas. Superficialmente se encuentra la formación Haylillas conformada de tobas de color rosado salmón con variaciones de textura.

A continuación se describe las formaciones geológicas existentes en la ciudad de Tacna.

Formación Moquegua: Es un depósito continental de vasta superficie, se observa desde Atico hasta la frontera con Chile, teniendo su mejor exposición en el valle de Moquegua. Consiste en una secuencia de areniscas tufáceas lutitas, areniscas arcasicas y conglomerados, irregularmente estratificados.

Formación Huaylillas: Prácticamente ocupa toda la superficie del valle de Tacna, se encuentra cubierta por un material de naturaleza volcánica de color blanco rosado al que fue denominado Formación Huaylillas

(Wilson, 1961) en razón de su amplia exposición en aquel lugar. Aflora desde las proximidades de Moquegua hasta el norte de Chile, estos depósitos están constituidos por tobas volcánicas de naturaleza ácida.

Cuaternario: Tiene presencia representativa de acumulaciones fluviales, aluviales y cenizas volcánicas. La acción dinámica del río Caplina ha dado origen a varias terrazas fluviales al valle de Tacna. La formación Cuaternaria es la más reciente y continúa hasta la actualidad, se divide en dos: el periodo diluvial o pleistoceno y el periodo aluvial o histórico.

#### **2.1.4. Geomorfología local y regional**

El medio en el cual se encuentra la ciudad de Tacna presenta un escenario dominado por la morfología de la repisa costanera, formado por planicies y valles desérticos.

De los sistemas geomorfológicos en el valle de Tacna se encuentran el Montañoso, Fluvial, Repisa Continental y Antrópico, donde el sistema Fluvial predomina mayormente.

Las unidades geomorfológicas que predominan en el distrito Alto de la Alianza son las Laderas, Terraza Aluvial, Depósitos de Cenizas y Cono Aluvial.

Respecto a la composición geomorfológica en la zona de estudio se encuentra las Laderas y la Planicie Huaylillas.

Tabla 02.- Sistemas y unidades geomorfológicas de Tacna

SISTEMA	UNIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
FLUVIAL	RÍO Y LECHO FLUVIAL	1.1	Medio fluvial seco; con crecidas y flujos de barro en épocas de lluvia, zona de alto riesgo.
	LECHO DE HUAYCO	1.2	Lechos secos, con flujo de huaycos muy excepcionales, zona de riesgo.
	ABANICO ALUVIAL	1.3	Abanico aluvial formado por el río Uchusuma, invade la quebrada Viñani.
	TERRAZAS ALUVIALES	1.4	Llanuras aluviales formadas por acumulación y relleno de valles antiguos.
REPISA CONTINENTAL	PLANICIE COSTANERA	2.1	Pampas formadas por acumulación y relleno fluvial de la depresión costanera y los andes.
	TALUDES	2.2	Taludes formados por desgaste y encajamiento fluvial entre las pampas.
MONTAÑOSO	COLINAS BAJAS	3.1	Relieve colinoso formado por desgaste hídrico en derrames volcánicos.
ANTRÓPICO	TIERRAS DE CULTIVO	4.1	Terrazas fluviales irrigadas.
	MEDIO URBANO	4.2	Medio Urbano metropolitano.
	MEDIO AGRO-URBANO	4.3	Medio agrícola en proceso de urbanización (Huertos campestres).

Fuente: Plan Director de Tacna, 2010

### **2.1.5. Condiciones Climáticas**

Se presentan los datos climáticos de la ciudad de Tacna con un promedio histórico de 30 años (Plan Director de Tacna, 2010).

La precipitación mínima se presenta en el mes de junio con un promedio de 2 mm y la máxima se produce en el mes de enero con un promedio de 8 mm .

La temperatura máxima de verano se produce en el mes de febrero con 29,5 °C y la máxima de invierno se presenta en el mes de agosto con 19,2 °C .

La temperatura mínima de verano se produce en el mes de febrero con 14,7 °C y la mínima de invierno en el mes de junio con 6,5 °C .

La humedad relativa máxima diaria es de 8,1 % que se presenta en el mes de julio, y la humedad relativa mínima diaria es de 6,9 % que se produce en el mes de febrero.

En el mes de febrero se producen 7,6 horas diarias de sol y en el mes de junio sólo 5,5 horas diarias de sol.

Los vientos predominantes son de suroeste hacia noreste con una fuerza máxima registrada durante los últimos años de 10 m/s y teniendo una velocidad promedio de 3 m/s .

## **2.2. VULNERABILIDAD SÍSMICA**

### **2.2.1. Sismicidad en la ciudad de Tacna**

Sismicidad es un término que describe la calidad o grado de ser sísmicos una región, localidad o paraje. Se le describe por el número de sismos por unidad de área o volumen y por unidad de tiempo, modo de ocurrencia, y sus efectos en la superficie. Los sismos, para su estudio, se clasifican por la cantidad de energía y volumen desestabilizado, mediante las escalas de magnitud calculadas en función de las amplitudes y períodos de las ondas sísmicas registradas por los sismógrafos. La escala de magnitud más popular y tradicional es la Richter.

La ciudad de Tacna, está identificada por los sismólogos como zona de alta sismicidad, donde los sismos liberan gran cantidad de energía con efectos catastróficos en pérdidas humanas y patrimonios de la sociedad; como el ocurrido el 13 de Agosto de 1 868 hace 147 años, los especialistas indican que terremotos de esta naturaleza tienen periodos de recurrencia cada 150 a 270 años; por esta razón al no haber ocurrido otro sismo de gran magnitud, la zona es considerada como zona de silencio sísmico.

Frente a esta realidad, la población tacneña es reacia a aceptar las normas y recomendaciones técnicas para la construcción de viviendas,

como se demuestra tras la ocurrencia del terremoto del 23 de julio del 2001, donde la reconstrucción de viviendas en los distritos Alto de la Alianza y Ciudad Nueva fue de manera improvisada y empírica.

A continuación, se describen los sismos de mayor importancia ocurridos en la ciudad de Tacna.

Terremoto del 16 de septiembre de 1615:

El evento sísmico fue registrado en Arica pero con gran repercusión en Tacna, el grado de intensidad fue de 8,5 provocando tsunamis de intensidad moderada, destrucción de importantes edificios en Arica y daños en Tacna.

Terremoto del 6 de febrero de 1716:

La magnitud del movimiento sísmico fue de grado 8 ocasionando la destrucción del pueblo de Torata en Moquegua y la mortandad total de sus habitantes. La intensidad también fue sentida en los departamentos de Arequipa y Tacna.

Terremoto del 4 de mayo de 1906:

La intensidad del movimiento sísmico fue de grado 7 en Tacna, cuyos efectos fueron los derrumbes de viviendas, daños de carreteras y puentes, y derrumbes de taludes. La intensidad fue sentida también en Arica y Mollendo.

Terremoto del 13 de agosto de 1868:

El evento sísmico afectó a Tacna, Moquegua, Ilo, Arequipa y Arica. Provocó la muerte de 150 moqueguanos, 10 arequipeños y 3 tacneños, clasificándose como terremoto de grado 9. Además ocasionó una fuerte destrucción en Arica, Iquique, Tacna, Moquegua, Ilo, Torata, Arequipa e Ica. De acuerdo a las manifestaciones de testigos, la tierra crujió, se abrieron grietas en varias partes y provocó una fractura al Morro de Arica. Tras este hecho se produjeron tsunamis con olas de hasta 16 m en la zona sur del Perú y norte de Chile.

Terremoto del 9 de mayo de 1877:

Este terremoto tuvo una magnitud de 8,5 y la extensión de ruptura fue de 500 km aproximadamente desde Tacna hasta el norte de Antofagasta. Con el transcurso de los años se ha registrado un movimiento de la tierra de 8 a 10 cm por año (Minster y Jordan, 1978).

Terremoto del 23 junio del 2001

El epicentro fue ubicado cerca de la localidad de Ocoña, departamento de Arequipa. Las réplicas más fuertes fueron ubicadas frente a Camaná, Mollendo y Punta de Bombón. El sismo se inició con un ruido suave y movimiento lento, después de 10 segundos la energía eléctrica se cortó, instante en que se incrementó el ruido y el movimiento, es cuando la mayoría de la gente corre a las calles desesperadamente, a los 18 segundos aproximadamente aumentó el movimiento y el ruido fue

ensordecedor. Después de 35 a 40 segundos de iniciado el movimiento, se experimentó el movimiento más fuerte, y es cuando las paredes de los edificios se movían a manera de un péndulo invertido cual amenazante para venirse encima de la población atemorizada.

### **2.2.2. Características sismotectónicas de la ciudad de Tacna**

En referencia a los estudios que el Instituto de Investigación Sísmica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann ha monitoreado, se indica que en el sur del Perú, el 90 % de los sismos tienen distancias epicentrales a más de 150 km de la ciudad de Tacna, con hipocentros ubicados mayormente en el fondo marino, con profundidades hipocentrales en su generalidad menor de 50 km .

Los sismos continentales están relacionados con el sistema de falla regional de Challaviento, Incapuquio y de Calientes, este último recientemente estudiado por Thierry Sempere del Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia. Además de los indicados existen otros sismos de menor tamaño, con distribución epicentral que no guarda ningún alineamiento simétrico con las referidas estructuras.

El estudio de Riesgo Sísmico de Tacna efectuado por Jorge Alva Hurtado indica la existencia de una falla activa denominada Chulibaya, ubicada cerca del pueblo de Curibaya, zona en la cual aún no se ha registrado ningún epicentro en los últimos años. Además, brigadas de

geólogos de la UNJBG que salieron en su reconocimiento, no tuvieron éxito en su búsqueda.

La tercera fuente sísmica de Tacna, está relacionada a la actividad de los volcanes Tutupaca y Yucamani, influenciando en la geodinámica externa de Candarave, que constituye riesgo para esas poblaciones, más no tienen repercusión en la población de Tacna.

### **2.2.3. Frecuencia sísmica de Tacna**

En el año de 1984, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann instaló una estación sísmica analógica de componente vertical y periodo corto cuyo monitoreo se inició el mismo año.

La información analizada de los cuatro últimos años ha permitido determinar que la frecuencia sísmica para Tacna es de 3 a 5 sismos instrumentales diarios y de 3 a 5 sismos sentidos durante el mes; las intensidades determinadas en su generalidad son de grado 3 en la escala modificada de Mercalli.

Después de un terremoto y que la tierra nuevamente recupere su estabilidad en la zona de fractura, la actividad sísmica desciende a cero en algunos meses; fenómeno debido a la liberación de energía que venía acumulándose, dando paso a un período de calma en el cual se inicia nuevamente el proceso de acumulación de energía.

#### **2.2.4. Geodinámica de Tacna**

En abril de 1989, el Ing. Jorge Meneses Loja del CISMID, realizó una campaña de 51 mediciones de micro tremores en toda la ciudad de Tacna, con la finalidad de determinar las propiedades dinámicas del suelo.

Los resultados del estudio indican que Tacna presenta períodos cortos de oscilación entre 0,1 a 0,3 s en suelos firmes y rígidos; resultados concordantes con los efectos del sismo ocurrido el 23 de junio del 2001 donde la zona céntrica de la ciudad no sufrió mayores daños.

Sin embargo, los períodos largos de oscilación fueron registrados fundamentalmente entre la avenida Circunvalación y los distritos de Alto Alianza y Ciudad Nueva, que se asocian a suelos sueltos y de menor rigidez.

#### **2.3. MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE SUELOS**

El objetivo de una investigación exploratoria, incluyendo pruebas de campo y laboratorio, es facilitar al ingeniero los datos cuantitativos del suelo del lugar que se investiga, para dar recomendaciones en la ejecución de las obras. Para llegar a obtener resultados de laboratorio, es necesario de una etapa previa e imprescindible, como la obtención de muestras del suelo apropiadas para las pruebas correspondientes.

Debe procurarse adquirir información preliminar del suelo por procedimientos simples y económicos, y con la ayuda de pruebas de clasificación permitan al ingeniero formarse una idea clara de los problemas que se han de esperar en cada caso particular.

Un aspecto importante en la exploración de suelos, es buscar la colaboración de ciencias como la geología, que puede generar información de carácter general muy importante.

Puede decirse que sobre todo en obras de importancia, el reconocimiento geológico es imprescindible, el cual será previo a cualquier otra actividad realizada por el técnico de mecánica de suelos.

### **2.3.1. Métodos Indirectos**

#### **2.3.1.1. Refracción sísmica**

El sondeo sísmico tiene como base las propiedades elásticas de los materiales que se encuentran en el subsuelo como la rigidez, el módulo de Young y el módulo de Poisson, a su vez estos materiales permiten la transmisión de ondas sísmicas a través de los estratos del suelo.

El propósito de este método es conocer el parámetro de velocidad de propagación de ondas sísmicas en un determinado espacio, de tal manera poder indicar la distribución de los materiales que existen en el subsuelo, de igual manera relacionar parámetros y condiciones

geotécnicas como el fracturamiento, la alteración y la compacidad del suelo.

Aun sabiendo que los parámetros obtenidos con este método no son precisos, pudiera ser que el método sísmico no se relacione con la geología del lugar, ya que las capas del subsuelo no den una respuesta a cualquiera de las siguientes condiciones: la primera es que la velocidad de propagación debe incrementarse con la profundidad de las capas del suelo, y la segunda es que una de las capas debe tener un gran espesor, mayor que la longitud de onda para poder ser detectada.

En cuanto al equipo que se utiliza está el sismógrafo, el cual es un aparato diseñado para poder visualizar en la pantalla toda la información registrada y así poder analizar mejor y rápidamente los datos de las ondas primarias conocidas como longitudinales, entre otras cosas este equipo cuenta con una salida para imprimir los sismogramas por medio de un papel electrosensitivo en donde quedan registrados los datos: tiempo de registro, tiempos de retraso cuando existen, contador de golpes ya que a mayor número de golpes mayor apilamiento de la señal y por último la utilización de filtros y los canales que se utilicen.

Los geófonos son los elementos que convierten el movimiento del terreno en una señal eléctrica que es enviada al sismógrafo, el cual amplifica las señales y presenta una gráfica.

El método sísmico busca saber cuál es el tiempo mínimo que tardan las ondas en propagarse en el medio, desde el momento en el que se generan mediante una excitación hasta que llega a los diferentes refractores en el subsuelo y hasta que emergen a la superficie donde son detectados mediante geófonos cuya distribución se conoce como tendido sísmico.

Las ondas se generan de manera artificial en lugares estipulados llamados puntos de tiro, dicho efecto se logra con el golpe de un cuerpo pesado sobre una placa colocada en la superficie del terreno, lo cuales están sincronizados con el registro de los detectores. De las diferentes ondas que se generaron, las que tienen importancia son las ondas primarias conocidas como longitudinales.

Ventajas:

- La adquisición, procesamiento e interpretación son relativamente rápidos y sencillos, así como la determinación de velocidades e identificación de ondas porque son las primeras en llegar.
- Es posible conocer morfologías del subsuelo, estado de compactación y fracturación de los materiales, porosidad, constantes elásticas y grado de saturación de estos materiales.
- Sus aplicaciones son la determinación de espesores y estratigrafía en el subsuelo, determinación de la profundidad del basamento y auxiliar en la identificación de estructuras.

Desventajas:

- Presenta limitaciones impuestas por la física de propagación de ondas, tales como el fenómeno de la inversión de velocidad, el de capa delgada, el solapamiento de ondas cónicas de un mismo refractor y de difracciones no críticas.
- Solo permite diferenciar las capas del subsuelo que presenten mayor contraste de velocidad y mayor espesor, con límite de resolución debido a la atenuación rápida de las longitudes de onda corta.
- En la práctica es limitado a profundidades hasta 100 m y a 3 ó 4 estratos principales.
- El método presenta dificultad para determinar parámetros elásticos dinámicos.

#### **2.3.1.2. Resistividad eléctrica**

Los sondeos de resistividad eléctrica usan la electricidad con la cual conocen las características químicas que presentan los materiales del subsuelo. El método eléctrico determina la resistividad que es la oposición de los materiales al paso de la corriente eléctrica y por otro lado determina la conductividad que permite el paso de la corriente eléctrica a través de los materiales en el subsuelo, estos conducen la corriente eléctrica en forma iónica y electrónica; en el primer caso la conducción se realiza a través de los fluidos contenidos en los poros de

la roca y en el segundo caso la conductividad se realiza por medio de los minerales metálicos.

Normalmente se considera que la conducción de la intensidad de corriente en el subsuelo es de manera iónica por esta razón la resistividad depende de las condiciones físicas y químicas de las rocas encontradas en el subsuelo, como por ejemplo el grado de saturación, fracturamiento y porosidad.

El equipo usado para obtener los datos consta de un receptor, un transmisor, dos carretes con sus cables y unos electrodos de metal. El receptor es ligero y tiene una pantalla en la cual se pueden ver las mediciones de los voltajes de las baterías, se observa el potencial natural y el voltaje primario. El transmisor genera corriente continua y manda las lecturas de corriente a una pantalla, la cual permite medir la resistencia del terreno para poder seleccionar de forma adecuada las escalas de voltaje y la intensidad de corriente.

Los electrodos de potencial y de intensidad de corriente son colocados en la superficie del terreno para realizar la lectura de la diferencia del campo potencial y el de la intensidad de corriente que circula en el subsuelo. Con los valores de voltaje, intensidad de corriente y el factor geométrico que es el que relaciona la distancia entre los electrodos, se puede calcular la resistividad aparente. Para realizar cada medición se incrementa la distancia entre los electrodos de la intensidad de

corriente, pero cuando los valores de la diferencia de potencial resultan ser muy pequeños hay que aumentar la separación entre los electrodos, debiéndose tomar al menos una lectura de datos con dos diferentes posiciones de electrodos de potencial y una sola con la posición de electrodos de intensidad de corriente. A dicho proceso se le conoce como traslape.

En términos generales se puede decirse que la finalidad del método de resistividad eléctrica es la de inferir las estructuras del subsuelo, para conocer los parámetros del corte geoelectrico es decir los espesores y resistividades.

Ventajas:

- Su aplicación consiste en la caracterización resistiva de materiales y estructuras geológicas, modelización de la estratigrafía del substrato, detección y modelación de cavidades, planificación de tomas de tierra y localización de niveles freáticos.
- Se puede utilizar en zonas de difícil acceso, siendo muy rápidos de ejecutar.
- Permiten obtener caracterizaciones del subsuelo a grandes profundidades.
- Brindan buena definición cuando existen contrastes apreciables de resistividad en profundidad, resultando de gran utilidad para identificar la interfase de agua dulce salada.

Desventajas:

- No permite conocer los parámetros elásticos del suelo en estudio, mientras el de prospección sísmica si lo hace.
- No es suficientemente preciso donde la geología del subsuelo es muy compleja, debido a que la resistividad puede cambiar rápidamente a cortas distancias.
- La limitación más severa se da cuando se presentan cambios de resistividad en direcciones horizontales.

### **2.3.2. Métodos Directos**

#### **2.3.2.1. Pozos a cielo abierto**

Este método consiste en hacer excavaciones de tamaño suficiente para que una persona, en este caso un técnico, pueda introducirse en él y poder examinar los distintos estratos en su estado natural, y de este modo poder saber las características que presenta cada estrato en cuanto a la cantidad de agua contenida.

Cuando se realiza un sondeo a pozo abierto, es recomendable llevar un registro de las condiciones que presenta el suelo durante la excavación con el asesoramiento de un técnico conocedor.

Para realizar las calicatas se permite utilizar maderas o varillas de acero para colocar ademes, normalmente se hace con tablonés en dirección

horizontal, pero si se tienen suelos friccionantes, deberán ser colocados y asegurados de manera vertical.

Las muestras se pueden obtener en forma alterada o inalterada. Las muestras alteradas son protegidas contra la pérdida de humedad, generalmente son colocadas en bolsas emparafinadas. Las muestras inalteradas se toman labrando una oquedad en la pared del pozo, esta muestra debe protegerse mejor contra las pérdidas de humedad colocándolas en capas de manta o depósitos impermeabilizados con brea y parafina.

Una desventaja de este sondeo es que no se puede realizar a grandes profundidades por dos razones, la primera se refiere a la posibilidad de presentarse algún derrumbe, y en segundo lugar no se controlaría el flujo de agua al encontrarse el nivel freático.

#### **2.3.2.2. Perforaciones con barrenos helicoidales**

A diferencia de los sondeos a cielo abierto, las perforaciones con barrenos solo obtienen muestras alteradas, pero es suficiente para conocer las características físicas del suelo y su relación con el agua de tratarse un suelo plástico. Para obtener las muestras se usan barrenos helicoidales que son como saca corchos en espirales, y pasteadores que son como dos palas muy cerradas con un agarre en forme de T en la parte baja.

El funcionamiento consiste en penetrar el instrumento en el suelo y hacerlo girar sobre el mineral.

Algo importante que se debe tener en cuenta es la forma o la distancia entre las hélices al perforar, esto depende si se tratase de un suelo arenoso deben de estar más cerradas que en un suelo plástico. Las herramientas antes mencionadas se adaptan en un extremo de la tubería y se le van añadiendo más tramos de tubo conforme a que el pozo se vaya haciendo más profundo, dichos tubos se colocan por la superficie.

En caso que el muestreo continúe por debajo del nivel freático se deben utilizar cucharas especiales, las muestras que se obtienen con estas cucharas son aún más alteradas ya que tiene la variable de la cantidad de agua que entra en la cuchara y el suelo. De las muestras obtenidas solo se puede obtener una clasificación y realizar pruebas para las cuales no es necesaria una muestra inalterada.

En el procedimiento, generalmente se recurre a colocar ademes en el pozo, esto se hace con tubos de hierro los cuales son hincados a golpes pero con un diámetro necesario para que puedan pasar las herramientas utilizadas para muestrear. Cuando se agregan los segmentos de tubos de hierro para su manejo y colocación se usa una polea la cual es colocada en un trípode, esto a una altura que permita el manejo de los tubos de hierro. El cable que cruza por la polea y se

sujeta a los tubos es un cable de manila o metálico y los operadores o técnicos pueden intervenir manualmente para guiar los tubos con la ayuda de unas llaves especiales y así poder atornillar los segmentos siguientes.

Una desventaja de este método es que al tratarse de un suelo firme y sobre este hay uno blando, comúnmente se pierde la frontera que existe entre los dos tipos de suelo.

#### **2.3.2.3. Método de lavado**

Este método de sondeo es bastante económico y el tiempo en que se realiza es muy rápido. Sin embargo, este método puede presentar errores de frontera en los estratos del suelo.

Se puede usar en conjunto con otro método, es decir como un sondeo auxiliar preliminar ya que es más rápido que los otros, además por obtener muestras bastante alteradas, tanto que no deberían de considerarse como representativas para ser ensayas en un laboratorio.

El equipo y material necesario consiste de un trípode con una polea, la cual se usa para sostener el martinete, cuyo peso varía de 80 a 150 kg .

La función del martinete es hincar en el suelo los ademes necesarios, los cuales deben tener un diámetro mayor para poder inyectar el agua, luego se bombea el agua por una tubería permitiendo que la muestra

suba a través del espacio que existe entre el ademe y la tubería de inyección. Cuando la muestra se encuentre fuera, es colocada en un recipiente para estudiarla y analizarla.

El muestreo debe hacerse a cada 1,5 m de profundidad siempre y cuando la muestra presente características homogéneas, en caso contrario debe hacerse un nuevo muestreo. El muestreo concluye cuando el agua bombeada quede en equilibrio con el nivel freático, entonces se procede a anotar todo lo que se ha observado.

Existen diferentes tipos de muestreadores, unos se introducen en el suelo a golpes y el más usado es llamado de media caña, que puede dividirse y así extraer la muestra más fácilmente. Existe otro llamado trampa de muelles, el cual tiene en la parte inferior unas cuchillas metálicas que permiten la entrada a la cámara inferior pero puede dificultar su salida y por último el muestreador de cucharón raspador, que es usado suelos con arenas de bajo nivel freático y funciona por rotación.

#### **2.3.2.4. Método de penetración estándar**

Este método de exploración proporciona mejores resultados en comparación a los anteriores, debido a que se obtiene mayor información acerca del subsuelo y se obtienen muestras alteradas e inalteradas para el estudio geotécnico.

Los resultados dependen del tipo de suelo a explorar, por ejemplo si se trata de un suelo friccionante se obtendrá la compacidad de los mantos, y si se presenta un suelo plástico se conocerá la resistencia que presenta a la compresión simple.

El equipo para realizar este método consiste de un penetrómetro estándar. Normalmente tiene en la parte inferior la forma de media caña, con la cual se facilita la extracción de la muestra. Este tipo de muestreador se hincan en el suelo por medio de golpes ayudado por un martinete el cual tiene un peso aproximado de 63,5 kg, la altura desde la cual es soltado es de 76 cm . Se cuenta la cantidad de golpes hasta alcanzar una profundidad de 30 cm .

Cuando se introduce el muestreador a una profundidad de 60 cm se debe sacar el penetrómetro para obtener una muestra. Después se introduce el muestreador para dar golpes hasta que el penetrómetro se introduzca otros 15 cm dentro del suelo.

Finalmente se cuentan esos golpes necesarios para introducir el muestreador para luego obtener una muestra ubicada dentro del penetrómetro.

#### **2.3.2.5. Método de penetración cónica**

Este método de sondeo consiste en introducir una punta cónica dentro del suelo para obtener la resistencia de este.

Dependerá del tipo de terreno, ya sea estático o dinámico, para saber que procedimiento y qué tipo de cono utilizar. Existen tres tipos de cono para este método: el danés, que es un cono con punta en forma de flecha; el otro tipo es utilizado para ensayos dinámicos, el cual se parece al holandés pero su diámetro de flecha es más grande; y por último el de inyección, el cual presenta una flecha más grande de 7 cm .

Respecto al procedimiento, en terrenos estáticos el equipo se hince a presión con un martinete que cae sobre él. En un terreno dinámico se utiliza un penetrómetro para ensayos dinámicos como el equipo usado en el método de penetración estándar, es decir con un martinete de 63,5 kg que se deja caer a una altura de 76 cm . De igual manera se cuentan los golpes para introducirse 30 cm en el suelo.

Los resultados obtenidos por este método deben ser considerados como referenciales, no pudiendo ser utilizados en ensayos de laboratorio; sin embargo, tiene la ventaja de ser muy rápido y económico.

Se recomienda utilizar previamente un método de exploración empírica para conocer la estratigrafía del suelo a grandes profundidades, debido a que podrían presentarse gravas o roca que imposibilitarían la realización de este método. En este caso es necesario utilizar equipos y herramientas más pesadas, como un taladro de acero resistente en lugar del cono, para perforar dicho estrato.

#### **2.3.2.6. Método rotatorio para roca**

Este método hace referencia a la obtención de muestras en un estrato rocoso, donde se dificulta utilizar los métodos anteriormente mencionados. La particularidad de este método es el uso de brocas de diamantes o de tipo cáliz con ayuda de maquinarias perforadoras.

Las brocas de diamantes consisten en brocas de acero con un muestreador en su interior, además de poseer incrustaciones de diamante industrial para permitir la perforación.

La broca de tipo cáliz posee un muestreador interno y municiones de acero, que se vacían por la tubería hasta la perforación, sin embargo en sondeos de rocas fracturadas estas municiones se pierden. Este tipo de brocas puede realizar perforaciones de hasta 3 m de diámetro y en este caso la maquinaria utilizada penetra en conjunto con la broca.

Para saber el tipo de broca adecuado por este método, se deberá conocer el tipo y dureza de la roca en estudio. En rocas bastante duras lo mejor es usar brocas que presenten incrustaciones de diamantes. En rocas medianamente duras se recomienda usar una broca con incrustaciones de carbono y tungsteno. Por último, en rocas más suaves o débiles utilizan brocas de acero con dientes de sierra.

Finalmente, la velocidad de perforación de las brocas rotatorias varía de las cuarenta a mil revoluciones por minuto.

### **2.3.2.7. Método con tubo de pared delgada**

Los muestreadores utilizados por este método dependen del grado de perturbación esperado de las muestras. Además, si se desea que el grado de perturbación sea el mínimo posible, se deberá tomar en cuenta que el hincado debe ser constante en cuanto a la presión y la velocidad con que se realice.

Entre los tipos de tubo de pared delgada está el tipo Shelby, este es el más común en cuanto a su uso y tiene una longitud de 80 cm a 1 m, también existe tipo pistón, es un muestreador más elaborado que el anterior y tiene como objetivo principal eliminar la basura que se pueda encontrar en el fondo del pozo antes de realizar el muestreo. Por último se tiene el muestreador llamado dispositivo de hincado por presión de un diferencial, este se puede usar cuando no se cuente con una máquina perforadora que aplique mecánicamente la presión necesaria.

## **2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

### **2.4.1. Ensayos de clasificación**

Los certificados de los ensayos realizados se encuentran en el Anexo 01 del presente trabajo de Tesis, los cuales han permitido caracterizar estos suelos y conocer sus propiedades físicas para su clasificación.

Se trabajó con las muestras alteradas y fueron analizadas en los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad Privada de Tacna.

Entre los ensayos de clasificación se considera el contenido de humedad, límite líquido y plástico, granulometría, proctor estándar y modificado.

#### **2.4.1.1. Contenido de humedad (ASTM D-2216)**

Este ensayo tiene por finalidad determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este, como los cambios de volumen, cohesión y estabilidad mecánica.

El método tradicional para determinar la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad del suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas.

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100 \%$$

Donde

W = contenido de humedad expresado en porcentaje (%)

Ww = peso del agua existente en la masa de suelo

Ws = peso de las partículas sólidas

#### **2.4.1.2. Límite líquido (ASTM D-4318)**

El límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, del suelo secado en el horno. Cuando este valor se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido, deberá ser calculado con aproximación al centésimo.

El procedimiento consiste en colocar la muestra de suelo en una vasija de porcelana con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Se realizan más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml .

Cuando haya sido mezclada con suficiente agua y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, se coloca una porción de la mezcla en la cazuela y se nivela la muestra con la espátula, al mismo tiempo emparejando hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo.

Se divide el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo, de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas.

Se cuenta y golpea la taza de bronce hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto con el fondo de la ranura.

Sáquese una tajada de suelo incluyendo la porción ensayada que hizo contacto colocándose en un recipiente adecuado. Se repite la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales.

Se calcula el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en horno.

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} * 100$$

Finalmente, se traza una curva de fluidez que representa la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce en un gráfico de papel semilogarítmico.

Se toma el contenido de humedad de la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes aproximándose a un número entero.

#### **2.4.1.3. Límite plástico (ASTM D-4318)**

Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad si se conoce el límite líquido del mismo.

Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, rodando dicha muestra entre la palma de la mano y una superficie lisa sin que dichas barritas se desmoronen.

El procedimiento del ensayo consiste en moldear la mitad de la muestra en forma de un elipsoide, rodando los dedos para formar cilindros.

Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y se repite el proceso cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina el contenido de humedad. Se repite con la otra mitad de la masa, el proceso indicado.

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} * 100$$

Para el cálculo del índice de plasticidad, se expresa como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Donde

L.L. = Límite líquido

L.P. = Límite plástico

I.P. = Índice de plasticidad

Cuando el límite líquido o el límite plástico no pueden determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

#### **2.4.1.4. Granulometría (ASTM D-422)**

Nos permite la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

Para realizar el ensayo se requiere de:

- Tamices de malla cuadrada (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200)
- Balanza con sensibilidad de 0,1 g
- Horno de secado
- Bandejas, cepillos y brochas
- Muestra representativa del suelo

El procedimiento consiste en mezclar la muestra hasta obtener una consistencia uniforme, se dividen en cuatro partes y se mezclan, hasta completar el peso requerido. Se pesa la muestra seleccionada y es llevada al horno por 24 horas.

Cuando la muestra este seca y fría, se debe secar y anotar el peso, luego la muestra es echada por la parte superior de los tamices y se

sacude por espacio de diez a quince minutos. Luego del tamizado se procede a pesar el material retenido en cada malla.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido por la malla} * 100}{\text{Peso de la muestra seca al horno}}$$

Con los valores obtenidos se realiza una curva granulométrica, además se calcula el coeficiente de curvatura y consistencia para su clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación Suelos.

#### **2.4.1.5. Proctor estándar y modificado (ASTM D-698/ASTM D-1557)**

Este ensayo consiste en determinar el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca.

Para el método de proctor modificado, el peso del martillo utilizado es de 10 lb, el mismo se suelta 5 veces a una altura de 18 pulgadas.

En cambio, el método de proctor estándar utiliza un martillo de 5,5 lb que se deja caer 3 veces de una altura de 12 pulgadas.

El procedimiento consiste en:

- Secar el material si estuviese húmedo. Puede ser al aire libre o al horno.
- Preparar muestras agregando agua y mezclando uniformemente. Cada punto de prueba debe tener un incremento de humedad constante.

- Colocar la primera capa en el molde y aplicar el número de golpes dependiendo al tipo de proctor utilizado, en caída libre, de igual manera completar todas las capas restantes.
- La última capa debe quedar en el collarín del molde, de tal forma luego pueda enrasarse.
- Enrasar el molde con una regla metálica quitando previamente el collarín.
- Retirar la base y registrar el peso del suelo con el molde.
- Luego se toma una muestra para determinar el contenido de humedad, y se repite el procedimiento para un mínimo de 4 puntos compactados a diferentes contenidos de humedad, dos de los cuales quedan en el lado seco de la curva y los otros dos en el lado húmedo.

$$Densidad\ seca = \frac{densidad\ húmeda\ del\ suelo}{contenido\ de\ humedad\ del\ suelo}$$

La compactación es un proceso de estabilización mecánica del suelo que mejora sus propiedades como:

- Aumento de densidad
- Disminución de la relación de vacíos
- Aumento de resistencia al corte

La compactación de suelos se aplica en toda obra de terraplanado, para mejorar su estabilidad:

- Conformación de rellenos controlados

- Para apoyo a una estructura
- Como sub-base para carreteras y ferrocarriles o aeropuertos
- Diques o presas de tierra

## **2.4.2. Ensayos para determinar propiedades mecánicas**

### **2.4.2.1. Corte Directo (ASTM D-3080)**

Este ensayo puede realizarse sobre todos los tipos de suelos, con muestras inalteradas y remoldeadas.

El ensayo consiste en:

- Colocación de la muestra en el dispositivo de corte.
- Aplicación de una carga normal.
- Disposición de los medios de drenaje y humedecimiento de la muestra.
- Consolidación de la muestra.
- Liberación de los marcos que sostienen la muestra.
- Aplicación de la fuerza de corte para hacer fallar la muestra.

La aplicación de este ensayo permite determinar el ángulo de fricción y el coeficiente de cohesión de una muestra de suelo, su procedimiento es el siguiente:

- Se ensambla la caja de corte con los marcos alineados y se bloquea. Se aplica una capa de grasa entre los marcos para

lograr impermeabilidad durante la consolidación y reducir la fricción durante el corte.

- Se introduce la muestra de ensayo con sumo cuidado. Se conecta el dispositivo de carga y se ajusta el dial para medir tanto la deformación durante el corte, como el cambio del espesor de la muestra y luego se determina el espesor inicial. La costumbre de humedecer las piedras porosas antes de la colocación y aplicación de la fuerza normal sobre las muestras, dependerá del tipo de problema en estudio. Para muestras inalteradas obtenidas bajo el nivel freático, deben humedecerse las piedras.
- Para suelos expansivos se debe efectuar el humedecimiento después de la aplicación de la fuerza normal, para evitar expansiones que no son representativas de las condiciones de campo.
- Se debe permitir una consolidación inicial de la muestra bajo una fuerza normal adecuada. Después de aplicar la fuerza normal predeterminada, se llena el depósito de agua hasta un nivel por encima de la muestra, permitiendo el drenaje y una nueva consolidación de la misma. El nivel del agua se debe mantener durante la consolidación y en las fases siguientes de corte de tal manera que la muestra esté saturada en todo momento.

- La fuerza normal que se aplique a cada una de las muestras depende de la información requerida. Un solo incremento de ella puede ser apropiado para suelos relativamente firmes.
- Para los demás suelos pueden ser necesarios varios incrementos con el objeto de prevenir el daño de la muestra. El primer incremento dependerá de la resistencia y de la sensibilidad del suelo. En general, esta fuerza no debe ser tan grande que haga fluir el material constitutivo de la muestra por fuera del dispositivo de corte.
- Durante el proceso de la consolidación deben registrarse las lecturas de deformación normal, en tiempos apropiados, antes de aplicar un nuevo incremento de la fuerza.
- Cada incremento de la fuerza normal debe durar hasta que se complete la consolidación primaria. El incremento final debe completar la fuerza normal especificada.
- Se representan gráficamente las lecturas de la deformación normal contra el tiempo.
- Luego de terminada la consolidación se deben soltar los marcos separándolos aproximadamente 0,25 mm, para permitir el corte de la muestra.
- Se debe aplicar la fuerza de corte lentamente para permitir la disipación completa del exceso de presión de poros.

Para los cálculos se debe considerar lo siguiente:

- Contenido de humedad inicial.
- Peso unitario seco inicial y peso unitario húmedo inicial.
- Esfuerzo de corte.
- Relación de vacíos antes y después de la consolidación, y después del ensayo de corte, si se desea.

#### **2.4.2.2. Gravedad específica (ASTM D-854)**

Peso específico es la relación entre el peso en el aire de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y el peso en el aire del mismo volumen de agua destilada, a la misma temperatura.

Este modo operativo se utiliza para determinar el peso específico de los suelos y del relleno mineral por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto de partículas mayores que el tamiz N° 8, deberá seguirse el método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso. Cuando el suelo está compuesto por partículas mayores y menores que el tamiz N° 8, se utilizará el método de ensayo correspondiente a cada porción. El valor del peso específico para el suelo será el promedio ponderado de los dos valores así obtenidos.

El procedimiento para determinar el peso específico de los suelos es el siguiente:

- Colóquese en la cápsula de evaporación una muestra representativa del suelo. La cantidad necesaria se escogerá de acuerdo a la capacidad del picnómetro.
- Empleando una espátula, mézclase el suelo con suficiente agua destilada o desmineralizada, hasta formar una masa pastosa; colóquese luego la mezcla en el picnómetro y llénese con agua destilada hasta aproximadamente la mitad del frasco.
- Para remover el aire atrapado, conéctese el picnómetro a la línea de vacío hasta obtener una presión absoluta dentro del frasco no mayor de 100 mm de mercurio. El tiempo de aplicación del vacío dependerá del tipo de suelo ensayado.
- Como proceso alternativo, el aire atrapado puede ser removido calentando la suspensión levemente durante un período mínimo de 10 minutos, rotando ocasionalmente el picnómetro para facilitar la expulsión de aire. El proceso de calentamiento debe adelantarse con mucho cuidado, porque pueden ocurrir pérdidas de material. Las muestras que sean calentadas deberán dejarse enfriar a la temperatura ambiente.
- Llénese el picnómetro con agua destilada hasta que el fondo del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello del picnómetro y, usando un papel absorbente, remuévase con cuidado la humedad de la parte interior del picnómetro y su contenido con una aproximación de 0,01 g .

- Después de la pesada, agítese la suspensión hasta asegurar una temperatura uniforme y determine la temperatura de la suspensión con una aproximación de 0,1 °C introduciendo un termómetro hasta la mitad de la profundidad del picnómetro.
- Transfírase con mucho cuidado el contenido del picnómetro a una cápsula de evaporación.
- Enjuáguese el picnómetro con agua destilada, hasta asegurarse que toda la muestra ha sido removida de él. Introdúzcase la cápsula de evaporación con la muestra en una estufa a 105 °C, con peso constante. Sáquese la muestra seca del homo, déjese enfriar a la temperatura del laboratorio y determínese el peso del suelo seco con una aproximación de 0,01 g .
- Anótense todos los resultados en la planilla.

Para determinar el peso específico se obtienen las siguientes cantidades en forma directa:

- $W1$  (g) = Peso del picnómetro + agua + sólidos a la temperatura del ensayo
- $W0$  (g) = Peso de la tara + suelo seco (g). El peso de la tara debe ser restado de este valor para obtener el peso del suelo seco
- El peso específico de los sólidos se calcula con dos decimales, mediante la siguiente fórmula:

$$G_s = \frac{W_0 x K}{W_0 + W_2 - W_1}$$

Donde

K = factor de corrección basado en el peso específico del agua a 20 °C

W2 = peso del picnómetro más agua en gramos

W0 = peso del suelo seco en gramos

W1 = peso del picnómetro + agua + suelo en gramos

### **2.4.3. Ensayos especiales**

#### **2.4.3.1. Potencial de colapso (ASTM D-5333)**

Su finalidad es determinar o evaluar la susceptibilidad al colapso de una muestra de suelo, la que podrá sufrir un asentamiento adicional originado por la inundación de la muestra.

Por definición, colapso es la repentina pérdida de volúmenes de un suelo bajo la acción de agentes exógenos. Esta pérdida de volumen se traduce en resistencia y a un desmoronamiento estructural interno al momento en que el suelo absorbe cantidades importantes de agua, sin que haya una variación en las presiones exteriores aplicadas.

Los suelos colapsables suelen presentar una gran variedad de formas y tamaños de partículas, aunque la mayoría de ellos poseen granos de

formas redondeadas. Este problema se presenta en suelos limosos y ocasionalmente en arenas y gravas.

El procedimiento consiste en tomar una muestra inalterada, la cual deberá ser cuidadosamente tallada y dispuesta en la misma dirección que ocupaba en el estrato natural, dentro de la célula de consolidación.

Se ajusta el consolidómetro en el aparato de carga y se somete la muestra a un ensayo edométrico hasta alcanzar una presión de 2 kg/cm<sup>2</sup>. Para esto, se aplican escalones de presión de 0,10 – 0,20 – 0,50 – 1,00 y 2,00 kg/cm<sup>2</sup>, separados uno a otro cada 24 horas. Cuando el suelo ha estabilizado sus asientos con la presión de 2 kg/cm<sup>2</sup>, se inunda aplicando una presión en la base de 0,20 kg/cm<sup>2</sup>, elevando la presión de sobrecarga a 2,20 kg/cm<sup>2</sup>, dejando de consolidar la muestra por 24 horas.

Se registra la lectura de descenso de la muestra por inundación y se prosigue cargando el suelo por medio del siguiente escalón de presión: 2 – 4 y 8 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, se descarga la muestra y el total de ella se coloca dentro del horno por 24 horas para determinar el peso seco.

Para determinar el potencial de colapso, se utiliza la siguiente expresión:

$$CP = \frac{\Delta e}{(1 + e_o)} * 100$$

Donde

$\Delta e$  = disminución de la relación de vacíos al inundar la probeta

$e_0$  = relación de vacíos inicial

CP = potencial de colapso de la muestra de suelo

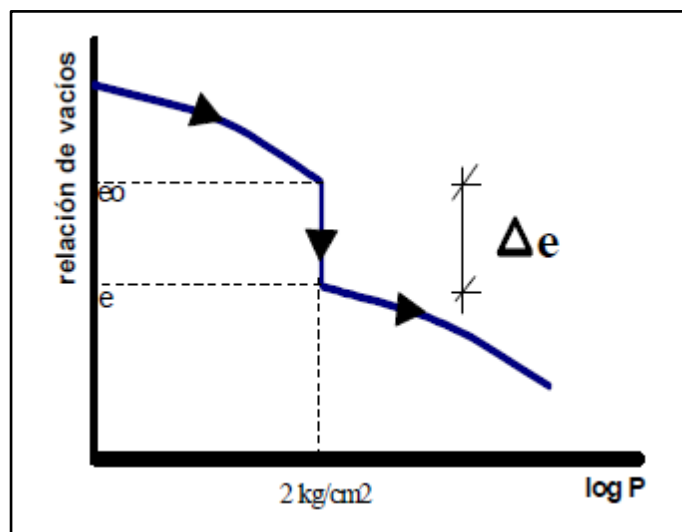


Figura 03. Curva típica de un ensayo de potencial de colapso en suelos

Fuente: Aravena R. y Kramer P, 1984

#### 2.4.3.2. Ensayo de sales solubles totales (MTC E 219)

Establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales.

El procedimiento es el siguiente:

- a) Secar la muestra en horno a 110 °C con peso constante, aproximado a 0,01 gramo, registrando esta masa como "A".

- b) Colocar la muestra en un vaso de precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición.
- c) Agitar durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos.
- d) Decantar mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y trasvasiar el líquido sobrenadante a otro vaso, determinar en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas gotas de Nitrato de Plata formándose un precipitado blanco de cloruro de plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de bario dando un precipitado blanco de sulfato de bario.
- e) Repetir los pasos b) a d) hasta que no se detecte presencia de sales, juntando los líquidos sobrenadantes.
- f) Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como "B".
- g) Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml, de la muestra previamente homogénea del matraz aforado y registrar su volumen como "C".

- h) Cristalizar la alícuota en un horno a 100 °C, con masa constante y registrar dicha masa como "D".

Al final se informa el porcentaje de sales solubles, calculado mediante la siguiente relación:

$$\%Sales\ solubles = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$

Donde

A = Masa de muestra seca en horno a 110 °C

B = Volumen de líquidos sobrenadantes acumulados

C = Volumen de alícuota del matraz aforado

D = Masa de la alícuota cristalizada en horno a 100 °C

## **2.5. TEORÍAS DE CAPACIDAD DE CARGA**

Para la determinación de la capacidad de carga admisible se necesita conocer las fórmulas que hagan uso de los parámetros obtenidos en los ensayos de laboratorio, por esta razón se explican los métodos usados en esta tesis para la determinación de las capacidades de carga.

### **2.5.1. Teoría de Terzaghi**

Inicialmente Karl von Terzaghi sugirió que las cimentaciones superficiales poseen una profundidad menor o igual que el ancho de la misma, para luego presentar una teoría completa para este tipo de cimentaciones. Años más tarde sugirió otra teoría para cimentaciones

corridas, además que en este tipo de cimentación la superficie de falla en el suelo, bajo carga última, puede suponerse similar a lo mostrado en la Figura 04. El efecto del suelo sobre el fondo de la cimentación puede también suponerse por una sobrecarga efectiva equivalente al producto del peso específico del suelo por la profundidad de cimentación. 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 las curvas “DE” y “DF” como arcos de una espiral logarítmica.
- Dos zonas pasivas de Rankine triangulares “AFH” y “CEG”.

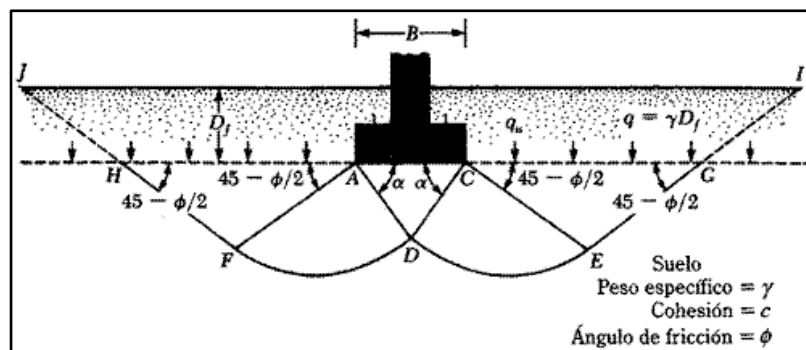


Figura 04. Esquema de falla por capacidad de carga en suelos bajo una cimentación rígida corrida

Fuente: Karl von Terzaghi, 1943

Asumiendo que son iguales los ángulos de fricción en “CAD” y “ACD”, se puede usar una ecuación de equilibrio:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

Donde

c = cohesión del suelo

Y = peso específico del suelo

q = producto del peso específico del suelo y la profundidad de cimentación

Nc, Nq, Ny = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción del suelo

Tabla 03.- Factores de capacidad de carga de Terzaghi en falla general de suelos

Ø	Nc	Nq	Ny	Ø	Nc	Nq	Ny
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	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				

Fuente: Kumbhojkar, 1993

Así mismo, para estimar la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas o circulares se puede utilizar la siguiente expresión:

Cimentación cuadrada:

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma$$

Cimentación circular:

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,3\gamma BN_\gamma$$

De las ecuaciones anteriores, "B" es el ancho de la cimentación, pero en la segunda ecuación, "B" representa al diámetro de la cimentación circular.

Las ecuaciones mencionadas anteriormente son válidas para fallas de tipo general, sin embargo Terzaghi sugirió modificaciones a estas ecuaciones para las cimentaciones con fallas de tipo local.

Cimentación corrida:

$$q_u = 2/3cN_c + qN_q + 1/2\gamma BN_\gamma$$

Cimentación cuadrada:

$$q_u = 0,867cN_c + qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma$$

Cimentación circular:

$$q_u = 0,867cN_c + qN_q + 0,3\gamma BN_\gamma$$

Tabla 04.- Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi en falla local de suelos

$\phi$	Nc	Nq	Ny	$\phi$	Nc	Nq	Ny
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.01	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.00	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	0.06	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.07	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	0.13	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: Kumbhojkar, 1993

### 2.5.2. Teoría de Meyerhof

Las ecuaciones presentadas anteriormente son únicamente para cimentaciones continuas, cuadradas y circulares. Estas no aplican a cimentaciones rectangulares pues no toman en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla. La teoría de Meyerhof se expresa en la siguiente ecuación general de capacidad de carga.

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

Donde

c = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

Y = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación (diámetro en una cimentación circular)

F<sub>cs</sub>, F<sub>qs</sub>, F<sub>ys</sub> = factores de forma

F<sub>cd</sub>, F<sub>qd</sub>, F<sub>yd</sub> = factores de profundidad

F<sub>ci</sub>, F<sub>qi</sub>, F<sub>yi</sub> = factores por inclinación de la carga

N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub> = factores de capacidad de carga

Factores de capacidad de carga:

Con base a estudios de laboratorio y campo sobre capacidad de carga se han determinado parámetros respecto al ángulo de fricción considerando la forma, profundidad e inclinación de la carga, dicha modificación se presenta en la Tabla N° 05.

Factores de forma, profundidad e inclinación:

Las relaciones para los factores de forma, profundidad e inclinación recomendadas para usarse en la ecuación 07 se muestran a continuación.

Forma:

$$F_{cs} = 1 + \frac{B \cdot N_q}{L \cdot N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \emptyset$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$$

Profundidad ( $D_f/B < 1$ ):

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Profundidad ( $D_f/B > 1$ ):

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 \tan^{-1} \left( \frac{D_f}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Inclinación:

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

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

Donde  $\beta$  es el ángulo de inclinación de la carga,  $\emptyset$  es el ángulo de fricción del suelo,  $D_f$  es la profundidad de cimentación y  $B$  es el ancho de cimentación.

Tabla 05.- Factores de capacidad de carga modificados por Meyerhof en suelos

$\phi$	Nc	Nq	Ny	$\phi$	Nc	Nq	Ny
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

Fuente: Vesic, 1973

## 2.6. ASENTAMIENTOS

El asentamiento de una cimentación se divide en dos categorías principales: asentamiento elástico o inmediato y el asentamiento por consolidación. El inmediato o elástico de una cimentación tiene lugar durante o inmediatamente después de la construcción de la estructura, mientras que el asentamiento por consolidación ocurre a lo largo del tiempo.

### 2.6.1. Asentamiento inmediato

El asentamiento Inmediato es causado por la deformación elástica del suelo, puede darse en suelos húmedos, secos y saturados, y no habrá ningún cambio de humedad. Su cálculo se basa en la teoría de elasticidad y se observa mejor en los suelos granulares.

$$S_e = \frac{qB(1 - u^2)}{E_s} I_p$$

Donde

q = carga neta por área unitaria

B = ancho de la cimentación

u = módulo de poisson del suelo

Es = módulo de elasticidad del suelo

I<sub>p</sub> = factor de influencia por el desplazamiento del suelo

S<sub>e</sub> = asentamiento elástico

Tabla 06.- Factores de influencia para asentamientos inmediatos en suelos

FORMA	I <sub>p</sub> FLEXIBLE			I <sub>p</sub> RÍGIDO	
	CENTRO	ESQUINA	PROMEDIO		
CIRCULAR	1.00	0.64	0.85	0.79	
RECTANGULAR (L/B)	1	1.122	0.561	0.946	0.82
	2	1.532	0.766	1.300	1.20
	3	1.783	0.892	1.527	1.42
	4	1.964	0.982	1.694	1.58
	5	2.105	1.052	1.826	1.70
	10	2.540	1.270	2.246	2.10

Fuente: Libro de Principios de Ingeniería de Cimentaciones Braja M. Das, 1999

Para determinar los factores de influencia se debe considerar si la cimentación es del tipo rígido o flexible. Se considera cimentación rígida cuando la distancia desde la cara de la columna hasta el extremo de la cimentación es menor al doble de su peralte, y si no sucede así, se consideraría cimentación flexible.

Así mismo, para calcular el asentamiento inmediato se puede considerar la siguiente tabla para estimar el módulo de elasticidad y el módulo de poisson del suelo.

Tabla 07.- Parámetros elásticos para varios tipos de suelo

<b>MODULO DE ELASTICIDAD Es</b>			
<b>Tipo de suelo</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>MN/m2</b>	<b>Relación de poisson</b>
<b>Arena suelta</b>	1,500 - 3,500	10.35 - 24.15	0.20 - 0.40
<b>Arena densa media</b>	2,500 - 4,000	17.25 - 27.60	0.25 - 0.40
<b>Arena densa</b>	5,000 - 8,000	34.50 - 55.20	0.30 - 0.45
<b>Arena limosa</b>	1,500 - 2,500	10.35 - 17.25	0.20 - 0.40
<b>Arena y grava</b>	10,000 - 25,000	69.00 - 172.25	0.15 - 0.35
<b>Arcilla suave</b>	600 - 3,000	4.10 - 20.7	
<b>Arcilla media</b>	3,000 - 6,000	20.7 - 41.4	0.20 - 0.50
<b>Arcilla firme</b>	6,000 - 14,000	41.4 - 96.6	

Fuente: Libro de Principios de Ingeniería de Cimentaciones Braja M. Das, 1999

### **2.6.2. Asentamiento por consolidación**

Como se mencionó antes, el asentamiento por consolidación se da a lo largo del tiempo, y ocurre en suelos arcillosos saturados cuando son sometidos a una carga creciente causada por la construcción de una cimentación. Entonces las siguientes expresiones se utilizan en los siguientes casos:

Para arcillas normalmente consolidadas:

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{prom}}{P_0}$$

Para arcillas preconsolidadas con  $P_0 + \Delta P_{prom} < P_c$ :

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{prom}}{P_0}$$

Para arcillas preconsolidadas con  $P_0 < P_c < P_0 + \Delta P_{prom}$ :

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \frac{P_c}{P_0} + \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{prom}}{P_c}$$

Donde

$P_0$  = presión efectiva promedio sobre el estrato de arcilla antes de la construcción de la cimentación.

$\Delta P_{prom}$  = incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla causada por la construcción de la cimentación.

$P_c$  = presión de preconsolidación

$e_0$  = relación de vacíos inicial del estrato de arcilla

$C_c$  = índice de compresión

$C_s$  = índice de expansibilidad

$H_c$  = espesor de la capa de arcilla

### **2.6.3. Asentamientos diferenciales**

Los asentamientos diferenciales son los movimientos o desplazamientos relativos de las diferentes partes de una estructura a causa de un asentamiento irregular de la misma, provocados por un desequilibrio de esfuerzos en el suelo.

En suelos arcillosos se pueden producir grandes asentamientos en un largo plazo de tiempo. Experimentalmente el tiempo de asentamiento de los estratos arcillosos es proporcional al cuadrado de su espesor es decir, un edificio descansa sobre un estrato de 2 metros de espesor y el asentamiento se produce en cuatro años, esta duración sería de 16 años si el espesor fuera de cuatro metros y de 100 años si el espesor fuera de diez metros. Un edificio conocido que ha sufrido este fenómeno es la conocida Torre de Pisa.

Lo que más influye en la duración del asentamiento es el contenido de agua del estrato y su permeabilidad, así como la del terreno adyacente, pues si una arcilla con un elevado contenido de agua es sometida a una carga, su asentamiento instantáneo es casi nulo, ya que el agua es quien soporta la carga. La presión hace que el agua trate de fluir desocupando los huecos que ocupa la arcilla, pero este proceso es lento y dificultoso cuanto más impermeable es el estrato, por lo que se comprende que en terrenos de arcilla muy pura y gran espesor el equilibrio demore muchos años en ser alcanzado.

Según la Norma Técnica E.050, el límite seguro para edificios que no permitan grietas es dado por el cociente de la distancia de dos zapatas entre la diferencia de sus asentamientos, siendo menor a 1/500.

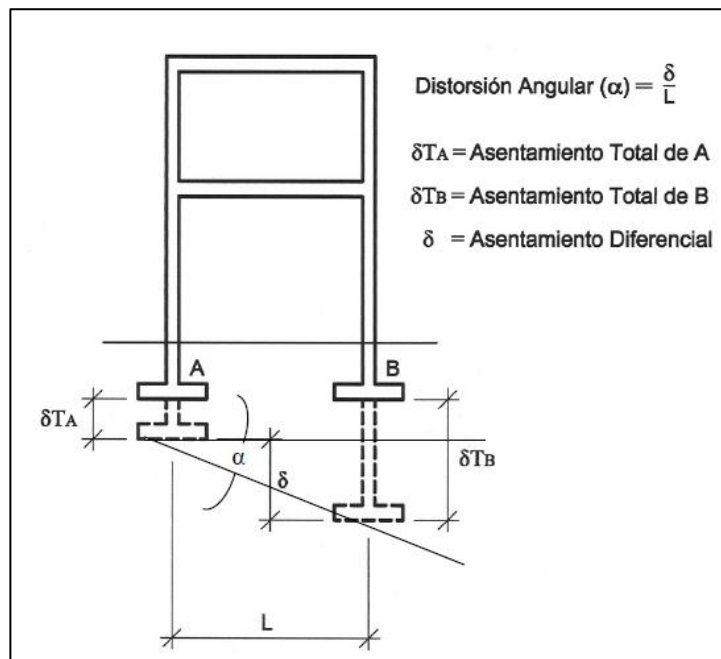


Figura 05. Representación de la distorsión angular en un asentamiento diferencial en suelos

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.050, 2010

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. METODOLOGÍA EMPLEADA**

- a) Acopiar la información técnica, administrativa y legal de fuentes como los usuarios y del marco institucional de referencia.
- b) Vista ocular del lugar y toma de información del campo.
- c) Cruce de la información recopilada y lo existente físicamente.
- d) Trabajo de gabinete y obtención de resultados.
- e) Elaboración del informe.

#### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

**Cuasi-Experimental**, debido a que analiza una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes.

**Ámbito** : Ingeniería

#### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

**Población:** Se considera población a los asentamientos humanos del cerro Intiorko, ocupando un área aproximada de 210 hectáreas.

**Muestra:** Para el desarrollo del trabajo de Tesis se tomó en cuenta únicamente a las asociaciones San Juan Bosco, San Fernando y San Cristobal del distrito Alto de la Alianza ubicadas en el cerro Intiorko, pertenecientes a esta área de ocupación.

#### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se hicieron revisiones bibliográficas de investigaciones similares o del tema en general para obtener datos que sirvieron de base para la ejecución del trabajo, como informes de INDECI, planes de desarrollo urbano de MPT, datos estadísticos de INEI e investigaciones de Tesis que se enfocan en el estudio del suelo en Tacna.



Figura 06. Vista delantera de un lote de una de las tres asociaciones en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron estudios preliminares definiendo un programa de investigación, también se hizo la visita a la zona de estudio, revisando el estado y condiciones en las que se encuentran las viviendas, tomando registros fotográficos y nota respecto a la estabilidad de sus viviendas debido a las condiciones del suelo.

La metodología empleada fue realizar una exploración indirecta por medio del sondeo eléctrico vertical y la exploración directa en calicatas de 3 m de profundidad.

El tipo de muestra utilizado es alterado para ensayos estándares e inalterado para los ensayos de corte directo y colapso, obtenidos y transportados en forma de bloques manteniendo las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural.

Se definen los métodos de ensayo, número de puntos y pruebas a realizar en el área de estudio acorde al programa de investigación.

Luego de los ensayos de laboratorio se debe realizar una comparación de los resultados, para concluir en la capacidad portante y los probables asentamientos que ocurrirían en los suelos de esta zona de estudio, considerando lo siguiente:

- Determinar capacidades de carga admisibles utilizando el método de Terzaghi y Meyerhof en cimentaciones corridas y rectangulares.

- Obtener un valor de capacidad portante para cimentaciones corridas en viviendas y otro para zapatas en estructuras aporticadas.
- Determinar el asentamiento elástico posible para el caso de estructuras de 1 a 3 niveles.
- Realizar un mapeo de zonificación geotécnica con los valores de capacidad portante y potencial de colapso obtenidos, enfocándose únicamente a la zona de estudio.
- Proponer alternativas de solución para realizar una buena cimentación en la zona de estudio.

### 3.5. PROGRAMA DE EXPLORACIÓN



Figura 07. Vista de las tres vías de circulación de la zona del estudio geotécnico

Fuente: Elaboración propia.

Al iniciar un estudio de suelos es necesario e imprescindible ejecutar un programa de exploración in situ de la zona a estudiarse, ya que es la única forma de obtener las muestras que serán objeto de estudio.

La exploración de campo se realizó teniendo en cuenta las zonas críticas que representen un problema para la cimentación y la facilidad de obtención de las muestras alteradas e inalteradas para realizar los correspondientes ensayos de laboratorio.

#### **3.5.1. Exploración indirecta por sondeo eléctrico vertical**

La exploración indirecta tiene como objetivo conocer preliminarmente la clasificación de los estratos que existen en el subsuelo de cimentación, a profundidades no soportadas por los métodos directos.

Conociendo las ventajas y desventajas de los métodos geofísicos de prospección sísmica y sondeo eléctrico vertical en exploración de suelos, se ha visto conveniente realizar el método de sondeo eléctrico vertical debido a lo siguiente:

De acuerdo al mapa de peligros elaborado por INDECI (2004), cerca de la zona de estudio se registra un potencial de colapso de 4 %, resultado que fue obtenido de ensayos de laboratorio y se interpreta como peligro moderado. Debido a esto, es importante conocer la existencia de un nivel freático porque de estar cerca de la superficie resultaría perjudicial para una futura edificación.

Sabiendo que el método de prospección sísmica otorga información físico-mecánica de los estratos del suelo y su estratigrafía, se optó por el método del sondeo eléctrico vertical porque es el más adecuado para la ubicación de niveles freáticos, además de conocer una estratigrafía preliminar del suelo. Incluso la información desaprovechada de la prospección sísmica será tratada mediante ensayos de laboratorio de carácter físico-mecánico de las muestras obtenidas por medio de calicatas.

La exploración por medio del sondeo eléctrico vertical fue elaborada con un especialista en geofísica, cuyo informe técnico se adjunta en el Anexo 02 de la presente Tesis.

#### Condiciones de frontera:

Se ha verificado en campo que no existen irregularidades en el suelo como afloramientos rocosos, fallas geológicas, rellenos sanitarios o estratos erráticos, además las condiciones del suelo presentan una caracterización muy homogénea en toda la zona de estudio.

Las viviendas asentadas en la zona son semejantes por su composición rústica a base de esteras y plásticos, y su extensión de propiedad; sin embargo, se puede encontrar algunos lotes construidos por un material poco más resistente como el adobe y ladrillo. La mayoría de las casas

son de una sola planta; pero, en el caso de las viviendas de adobe y ladrillo se encontró de hasta dos niveles.



Figura 08. Preparación de los equipos para el sondeo eléctrico vertical en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

#### Puntos de exploración:

Teniendo en cuenta la uniformidad del suelo de estudio, se ha determinado realizar 3 puntos de exploración abarcando todas las asociaciones en una línea diagonal, en el que se usó el dispositivo Schlumberger que consistió en aplicar corriente eléctrica al terreno y recibir una respuesta como diferencia de potencial, para poder graficar el corte geoelectrico del terreno en estudio. La ubicación de los puntos de exploración se muestra en las siguientes coordenadas:

Tabla 08.- Coordenadas UTM de los puntos de ubicación del sondeo eléctrico vertical realizado en la zona de estudio

SEV	ESTE	NORTE
1	367150	8010880
2	367058	8011061
3	366969	8011146

Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación de resultados:

Con los sondeos eléctricos verticales realizados, se confeccionó un plano del perfil del terreno con la sección geoelectrica obtenida, dicha sección proporcionó información sobre el estado del subsuelo diferenciando cuatro tipos de estratos u horizontes, dispuestos en resistividades y espesores a una profundidad de 20 metros. Dicha sección geoelectrica se encuentra en el informe geofísico que se adjunta al final del presente trabajo.

El Primer Horizonte H1.- Corresponde al material superficial de uno a dos estratos pequeños compuesto por arenas y limos en estado seco permeable, con resistividades de 531  $\Omega$ -m (SEV 01) y 5 957  $\Omega$ -m (SEV 03), cuyo espesor es 0,90 m en el SEV 03 y 1,6 m en el SEV 01. El cambio drástico de resistividad se debe a la condición seca del suelo.

Segundo Horizonte H2.- Subyaciendo al anterior horizonte geoelectrico se presenta un horizonte de mayor potencia que el anterior, el cual varía de 1,9 m en la suma de sus espesores SEV 02 y 3,3 m en el SEV 03, a

su vez, el horizonte geoelectrico presenta un rango de resistividades entre 31  $\Omega$ -m y 87  $\Omega$ -m (SEV 02) a 58  $\Omega$ -m (SEV 03), además está compuesto por depósitos de arenas medias y finas en estado seco permeable, con presencia de sales.

Tercer Horizonte H3.- Se describe con resistividades entre 9  $\Omega$ -m (SEV 02) a 22  $\Omega$ -m (SEV 03) y espesores de 11,6 m (SEV 03) a 13,4 m (SEV 02), los cuales están constituidos por depósitos de relleno como tobas redepositadas con cenizas, arenas limosas en estado seco. En este horizonte también se aprecia una resistividad eléctrica de 167,8  $\Omega$ -m relacionados probablemente a los cantos rodados, gravas y arenas en estado seco que presenta el estrato de 4,6 m de espesor.

Cuarto Horizonte H4.- Está constituido por resistividades entre 156  $\Omega$ -m (SEV 03) a 395  $\Omega$ -m (SEV 02), y de espesores indeterminados, lo que probablemente indicaría la presencia de tobas compactas y fracturadas de material seco semipermeable e impermeable.

Tabla 09.- Resistividades y espesores de los horizontes geoelectricos

SEV	R <sub>1</sub> ( $\Omega$ -m)	E <sub>1</sub> (m)	R <sub>2</sub> ( $\Omega$ -m)	E <sub>2</sub> (m)	R <sub>3</sub> ( $\Omega$ -m)	E <sub>3</sub> (m)	R <sub>3</sub> ( $\Omega$ -m)
1	531/1593	0.3/1.3	167.8	4.6	293	11.08	73
2			31/87	0.5/1.4	9	13.4	395
3	2114/5957	0.3/0.6	58	3.3	22	11.6	156

Fuente: Informe del sondeo eléctrico vertical realizado en la presente Tesis, 2015.

Donde

SEV: sondaje eléctrico vertical

R: resistividad verdadera en  $\Omega\text{-m}$

E: espesor de los horizontes geoelectrónicos en metros



Figura 09. Ejecución del sondeo eléctrico vertical en una vía de circulación en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos del estudio geofísico se puede rescatar los horizontes 01 y 02 por estar inmersos en profundidad a las cimentaciones superficiales, incluso se puede conocer anticipadamente la composición de arenas con limos, arenas medias, finas y sueltas con alta conductividad eléctrica, incluyendo la saturación de sales y caliche que ya se ha visto reflejado en los sobrecimientos de las viviendas construidas de adobe y ladrillo.

### **3.5.2. Exploración directa por medio de calicatas**

En la exploración directa se utilizó la técnica de perforación de pozos a cielo abierto, conocido como calicatas, porque de esta manera se puede realizar una observación visual directa y posibilita la toma de muestras alteradas e inalteradas del suelo, además es un método muy práctico sin necesidad de utilizar maquinaria para obtener la información necesaria del suelo.

#### **3.5.2.1. Condiciones de frontera**

La zona se presenta como un territorio suavemente ondulado e inclinado hacia el sureste, con una pendiente aproximada de 4 %.

Las faldas del cerro forman laderas que tienen pendientes que fluctúan entre 40 % y 64 % y están cubiertas por depósitos aluviales.

A lo largo de la Quebrada del Diablo, en el tramo que está por desembocar al Valle de Tacna, se pueden observar dos precipitaciones escalonadas entre si y distantes a 1 500 m. Ambas tienen un salto de aproximadamente 8 m y han servido de botadero municipal por largo tiempo.

Por lo general, las propiedades individuales asentadas en la zona tienen una extensión promedio de 600 m<sup>2</sup>, en cuya composición presentan viviendas a base de esteras, plástico y otros materiales rústicos. En

menor cantidad se encuentran viviendas de hasta dos niveles, construidas con adobe y ladrillo, permitiendo observar el deterioro de los sobrecimientos.

#### **3.5.2.2. Número de puntos de investigación**

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, el número de puntos de investigación por medio de calicatas para habilitaciones urbanas es de 3 por cada hectárea; por lo tanto, el número de calicatas necesario para la exploración en esta zona de estudio es de 18.

Sin embargo, la composición geológica encontrada de planos geológicos, geomorfológicos y un estudio geofísico conllevan a realizar menos calicatas por la homogeneidad de la zona. Se concluye realizar 12 calicatas, de las cuales 8 se encuentran dentro de las tres asociaciones: San Juan Bosco, San Fernando y San Cristobal, 2 calicatas fuera de esta zona, hacia el sur, y finalmente 2 calicatas hacia el norte.

#### **3.5.2.3. Profundidad de investigación**

El presente trabajo de Tesis evalúa la viabilidad de habilitar y construir viviendas en esta zona del cerro Intiorko, considerando utilizar cimentaciones superficiales para estos fines de vivienda.

La norma técnica E.050 indica que en ningún caso la profundidad de investigación será menor de 3 m, excepto si se encontrase roca antes de alcanzar dicha profundidad, entonces se deberá verificar la calidad de esta roca.



Figura 10. Excavación a 3 m de profundidad de una de las 12 calicatas ejecutadas en la zona del estudio geotécnico

Fuente: Elaboración propia.

De las exploraciones por calicatas, no se ha encontrado ningún estrato rocoso en 3 m de profundidad. De acuerdo a la norma técnica citada la exploración está delimitada a 3 m de profundidad.

#### **3.5.2.4. Ubicación de los puntos de investigación**

De los 12 puntos de exploración, 8 de ellos se encuentran dentro de la zona de estudio, distribuidos equitativamente englobando las 3 asociaciones comprendidas, estas calicatas corresponden a las denominadas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7 y C-8.

Tabla 10.- Coordenadas y cotas de las calicatas ejecutadas en la zona del estudio geotécnico

<b>CALICATA</b>	<b>CORDENADA X</b>	<b>CORDENADA Y</b>	<b>COTA msnm</b>
C - 01	366 981 m E	8 010 992 m S	786
C - 02	367 023 m E	8 011 066 m S	787
C - 03	367 181 m E	8 011 115 m S	785
C - 04	367 092 m E	8 011 126 m S	788
C - 05	366 999 m E	8 011 137 m S	791
C - 06	367 129 m E	8 011 046 m S	783
C - 07	367 066 m E	8 010 980 m S	782
C - 08	367 148 m E	8 010 969 m S	776
C - 09	366 917 m E	8 010 898 m S	779
C - 10	367 066 m E	8 010 888 m S	775
C - 11	367 059 m E	8 011 220 m S	795
C - 12	367 162 m E	8 011 201 m S	792

Fuente: Elaboración propia

Las calicatas C-11 y C-12 corresponden a una zona colindante norte denominada asociación Héroes del Alto de la Alianza, y las calicatas C-9 y C-10 pertenecen a la zona sur del área de estudio en la asociación Santísima Cruz del cerro Intiorko.

### **3.6. ENSAYOS DE LABORATORIO**

El objetivo de los ensayos de laboratorio es analizar cuantitativamente y cualitativamente las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo.

A continuación se nombran los ensayos de laboratorio realizados en este trabajo.

Ensayos estándar:

• Contenido de humedad	ASTM D-2216
• Análisis granulométrico	ASTM D-422
• Límite líquido	ASTM D-4318
• Densidad in situ	NTP 339.139
• Densidad mínima	NTP 339.138
• Densidad máxima	NTP 339.137

Ensayos especiales:

• Corte Directo	ASTM D-3080
• Colapso	ASTM D-5333
• Sales solubles totales	MTC E 219
• Sulfatos	ASTM D-516
• Cloruros	ASTM D-512

Las muestras fueron ensayadas en los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad Privada de Tacna y Pontificia Universidad Católica del Perú, a continuación se clasifican las 12 muestras respecto al laboratorio donde fueron ensayadas.

Tabla 11.- Relación de muestras obtenidas por calicatas vs laboratorios de mecánica de suelos empleados en el estudio geotécnico

ENSAYO	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12
E. Estándar en Laboratorio UPT	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
E. Corte Directo en Laboratorio UPT	SI	SI	SI									
E. Corte Directo en Laboratorio PUCP					SI	SI		SI				
E. Colapso en Laboratorio PUCP	SI	SI	SI									
E. Químicos en Laboratorio UPT	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se rescata que las 12 muestras obtenidas en la exploración del suelo fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada de Tacna para realizar ensayos en calidad estándar como límite líquido, humedad natural, etc. y análisis químicos, además en 3 de estas muestras se realizaron ensayos de corte directo.

Por otra parte, 6 de las 12 muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos de la Pontificia Universidad Católica, donde se realizaron ensayos de corte directo y potencial de colapso.



Figura 11. Disposición de las 12 muestras de suelo en el laboratorio de mecánica de suelos de la UPT

Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. Preparación de los equipos para obtener la densidad de campo y humedad natural en una de las 12 calicatas de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Ejecución del ensayo de proctor modificado en el laboratorio de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Ejecución del ensayo de límite líquido en el laboratorio de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Ejecución del ensayo granulométrico por tamizado en el laboratorio de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16. Secado en horno para determinar el contenido de humedad en el laboratorio de la UPT de 4 de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Ejecución del ensayo de corte directo en la UPT de una de las 6 muestras de suelo destinadas a ensayos especiales obtenidas de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

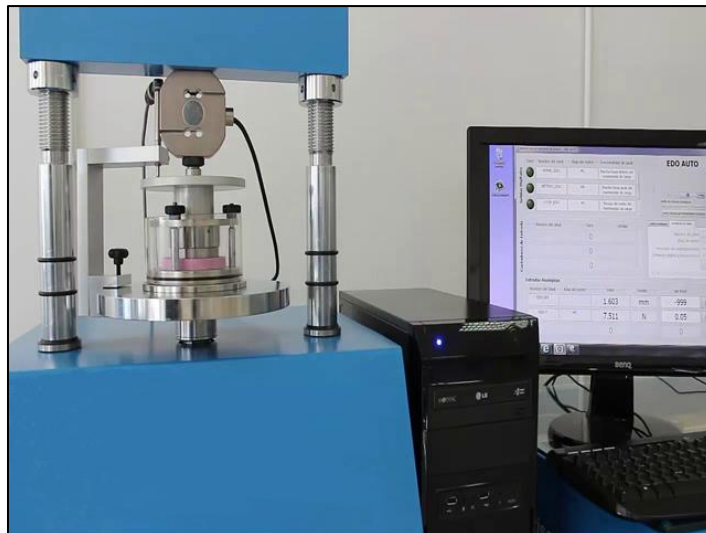


Figura 18. Ejecución del ensayo de potencial de colapso en el laboratorio de la PUCP de una de 6 muestras de suelo destinadas a ensayos especiales obtenidas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



Figura 19. Ejecución del ensayo de sales solubles en el laboratorio de química de la UPT de una de las 12 muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

### **3.6.1. Perfiles estratigráficos**

De los resultados obtenidos se constata que los estratos del suelo están constituidos por arenas sueltas, limos y finos con sales, sin presencia del nivel freático.

#### **Calicata 01**

Estrato conformado por depósitos de arena suelta con presencia de limos y caliche con material consolidado semipermeable de color beige.

#### **Calicata 02**

Es un estrato compuesto de arenas limosas y finas no plásticas, con presencia caliche a partir de los 40 cm de profundidad, y presenta materiales consolidados semipermeables.

#### Calicata 03

Estrato conformado por material granular, de consistencia semicompacta a suelta. Es un suelo consistente de finos no plásticos, arena suelta y limos.

#### Calicata 04

Estrato conformado por material aluvial de color café claro consistente de limos y material consolidado, tiene una característica suelta y presenta una saturación de caliche.

#### Calicata 05

Es un estrato conformado mayormente de arenas limosas y finos no plásticos, el caliche se percibe a una profundidad de 90 cm, no se presentan gravas, solo material sedimentado de color beige oscuro.

#### Calicata 06

Estrato conformado por material granular de color beige claro, consistente en limo y arena suelta, por materiales finos no plásticos. Se presenta caliche a inicios de la excavación.

#### Calicata 07

Este estrato está conformado por material granular de color beige claro, consistente en limos, arena suelta con sedimentos de tufos volcánicos y caliche a una profundidad de 80 cm confinados con materiales secos compactos sin presencia de grava.

#### Calicata 08

Se presenta un estrato conformado de arena suelta principalmente con material granular consolidado en estado seco de color beige, además se presenta el caliche a inicios de la excavación de la calicata, debido a la cantidad de sales solubles y de arenas limosas en estado suelto.

#### Calicata 09

Estrato conformado de arena limosa en estado suelto con presencia de sales no permeables y caliche. A una profundidad de 1,50 m se puede observar otro material conformado de tufo volcánico de color beige oscuro.

#### Calicata 10

Este estrato está conformado por un material granular de color café claro, consistente en arenas limosas y caliche, además se presenta como un material consolidado semipermeable en estado seco donde no se presentan gravas ni estratos rocosos.

#### Calicata 11

Presenta un solo estrato conformado por arenas, limos y caliche de color gris, con sedimentos no plásticos semicompactos de color beige sin presencia de grava. El caliche se presenta a una profundidad de 1,90 m en arenas compactas de color gris.

### Calicata 12

Presenta material granular de color café claro, consistente en material suelto con arenas limosas, finos no plásticos y tufo volcánico. Se presenta el caliche a inicios de la excavación en forma semicompacta con el suelo arenoso.

#### 3.6.2. Resultados de los ensayos de laboratorio

Los certificados de los ensayos de laboratorio realizados de las muestras obtenidas en la zona de estudio se encuentran en la sección Anexos 01 del presente trabajo de Tesis.

#### Ensayos Estándar:

Tabla 12.- Resultados de los ensayos estándar UPT de las muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

CALICATA	clasific. SUCS	humedad natural	humedad optima	densidad maxima	densidad natural	densidad minima	densidad seca	densidad relativa	limite liquido
		(%)	(%)	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cc	(%)	(%)
C - 01	SM	4.23	11.19	1.87	1.59	1.31	1.53	48.01	22.11
C - 02	SM	4.48	11.84	1.89	1.58	1.28	1.51	47.19	21.91
C - 03	SM	4.31	11.81	1.83	1.60	1.33	1.53	47.84	21.73
C - 04	SM	4.10	10.14	1.88	1.61	1.29	1.52	47.92	24.76
C - 05	SM	4.26	10.23	1.85	1.63	1.29	1.51	48.94	24.09
C - 06	SM	4.23	11.92	1.88	1.68	1.32	1.55	49.61	22.58
C - 07	SM	4.42	11.41	1.83	1.63	1.35	1.55	49.57	22.31
C - 08	SM	4.13	10.48	1.85	1.67	1.33	1.55	49.72	20.27
C - 09	SM	4.37	11.68	1.88	1.65	1.29	1.53	49.21	19.11
C - 10	SM	4.04	10.44	1.86	1.59	1.28	1.50	47.92	20.99
C - 11	SM	4.15	10.72	1.82	1.66	1.30	1.51	48.60	23.74
C - 12	SM	4.25	10.15	1.88	1.67	1.30	1.53	49.21	24.11

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos UPT, 2014

Cabe resaltar que estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimento de la Universidad Privada de Tacna, además se indica que no se pudo realizar el ensayo de límite plástico debido a las características de estos suelos granulares.

Ensayos especiales:

Las muestras de suelo usadas para estos ensayos son de tipo inalteradas, debido al cuidado de obtener y transportarlas al laboratorio sin modificar su humedad o desmenuzar su forma. Estos ensayos fueron realizados en los laboratorios PUCP y UPT, siendo estos los de potencial de colapso y de corte directo, para determinar su ángulo de fricción, coeficiente de cohesión y colapsabilidad.

Tabla 13.- Resultados de los ensayos especiales UPT y PUCP de las muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

CALICATA	angulo de friccion	coefic. de cohesion	potencial de colapso
	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
C - 01	23.2	0.02	2.20
C - 02	22.4	0.08	2.78
C - 03	22.6	0.04	4.04
C - 04	---	---	---
C - 05	23.1	0.11	---
C - 06	22.5	0.07	---
C - 07	---	---	---
C - 08	22.9	0.05	---
C - 09	---	---	---
C - 10	---	---	---
C - 11	---	---	---
C - 12	---	---	---

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos PUCP y UPT, 2014

De acuerdo a la escala de estimación de peligro de colapso (Jennings y Knight, 1975), las muestras ensayadas están en el rango de problemas moderados por presentar un potencial de colapso entre 1 a 5 %.

El bajo coeficiente de cohesión que presentan las muestras por el ensayo de corte directo implican que se tratan de suelos granulares sueltos además presentan el tipo de falla local en cimentaciones.

Ensayos químicos:

Con la finalidad de estimar el grado de agresividad química del suelo frente a cimentaciones superficiales en la zona de estudio, se realizaron ensayos químicos para determinar la cantidad de cloruros, sulfatos y sólidos solubles totales (sales) en las 12 muestras de suelos.

Tabla 14.- Resultados de los ensayos químicos UPT de las muestras de suelo obtenidas en la zona de estudio

CALICATA	sólidos solubles		sulfatos		cloruros	
	(%)	(ppm)	(%)	(ppm)	(%)	(ppm)
C - 01	0.379	3790	0.154	1540	0.192	1920
C - 02	0.361	3610	0.145	1450	0.183	1830
C - 03	0.395	3950	0.159	1590	0.199	1990
C - 04	0.402	4020	0.163	1630	0.201	2010
C - 05	0.412	4120	0.167	1670	0.207	2070
C - 06	0.388	3880	0.158	1580	0.196	1960
C - 07	0.405	4050	0.154	1650	0.192	2040
C - 08	0.399	3990	0.163	1630	0.183	2030
C - 09	0.387	3870	0.158	1580	0.199	1970
C - 10	0.383	3830	0.157	1570	0.201	1950
C - 11	0.401	4010	0.164	1640	0.207	2040
C - 12	0.411	4110	0.168	1680	0.209	2090

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos UPT, 2014

### 3.7. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

Las capacidades de carga se calcularon a partir de los parámetros mecánicos obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos de las muestras C-1, C-2, C-3, C-5, C-6, C-8.

En el proceso de cálculo se consideró factores de carga en falla local para cimentaciones superficiales, debido a los registros obtenidos en los ensayos que conllevan a estimar este tipo de falla. Además, se optó por utilizar las teorías de capacidad de carga de Terzaghi y Meyerhof en cimentaciones corridas con las muestras ensayadas, para determinar la capacidad portante en cimientos corridos y zapatas con la teoría de Meyerhof de una muestra representativa utilizando un factor de seguridad de 3.

De este modo, se consideran las siguientes dimensiones de cimentaciones corridas para el cálculo de capacidad portante para viviendas:

Cálculo de la capacidad portante en zapatas con la teoría de Meyerhof:

- Cohesión:  $0,11 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico:  $1,63 \text{ g/cm}^3$
- Profundidad de cimentación: 2 m
- Ancho de cimentación: 1,5 m
- Longitud de cimentación: 1,5 m

- Ángulo de fricción:  $23,1^\circ$
- Factor de seguridad: 3
- Tipo de falla: local

Finalmente, se obtiene que la capacidad de carga para zapatas es  $1,63 \text{ kg/cm}^2$ .

Cálculo de la capacidad portante en cimientos corridos con la teoría de Meyerhof:

- Cohesión:  $0,02 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico:  $1,59 \text{ g/cm}^3$
- Profundidad de cimentación: 2 m
- Ancho de cimentación: 0,6 m
- Longitud de cimentación: 1 m
- Ángulo de fricción:  $23,2^\circ$
- Factor de seguridad: 3
- Tipo de falla: local

Finalmente, la capacidad de carga en cimientos corridos resulta ser  $0,92 \text{ kg/cm}^2$ .

Así mismo, se calcula en cimentaciones corridas destinadas a vivienda, aplicando los teoremas de Terzaghi y Meyerhof con los siguientes datos:

Largo = 1m

Base = 0,60 m y 0,80 m

Profundidad de cimentación = 2 m y 2,5 m

Tabla 15.- Capacidad de carga del suelo obtenida por el teorema de Meyerhof en cimentaciones corridas para vivienda considerando falla local

CALICATA	C (kg/cm <sup>2</sup> )	ANG (°)	Factores de carga			L (m)	B (m)	Y (g/cc)	Df (m)	Q adm (kg/cm <sup>2</sup> )
			Nc	Nq	Ny					
1	0.02	23.2	11.59	4.31	3.04	1.00	0.60	1.59	2.00	0.92
	0.02	23.2	11.59	4.31	3.04	1.00	0.60	1.59	2.50	1.12
	0.02	23.2	11.59	4.31	3.04	1.00	0.80	1.59	2.00	0.95
	0.02	23.2	11.59	4.31	3.04	1.00	0.80	1.59	2.50	1.16
2	0.08	22.4	11.21	4.08	2.79	1.00	0.60	1.58	2.00	1.27
	0.08	22.4	11.21	4.08	2.79	1.00	0.60	1.58	2.50	1.47
	0.08	22.4	11.21	4.08	2.79	1.00	0.80	1.58	2.00	1.32
	0.08	22.4	11.21	4.08	2.79	1.00	0.80	1.58	2.50	1.52
3	0.04	22.6	11.30	4.14	2.85	1.00	0.60	1.6	2.00	1.02
	0.04	22.6	11.30	4.14	2.85	1.00	0.60	1.6	2.50	1.22
	0.04	22.6	11.30	4.14	2.85	1.00	0.80	1.6	2.00	1.06
	0.04	22.6	11.30	4.14	2.85	1.00	0.80	1.6	2.50	1.26
5	0.11	23.1	11.55	4.28	3.00	1.00	0.60	1.63	2.00	1.57
	0.11	23.1	11.55	4.28	3.00	1.00	0.60	1.63	2.50	1.79
	0.11	23.1	11.55	4.28	3.00	1.00	0.80	1.63	2.00	1.63
	0.11	23.1	11.55	4.28	3.00	1.00	0.80	1.63	2.50	1.85
6	0.07	22.5	11.26	4.11	2.82	1.00	0.60	1.68	2.00	1.26
	0.07	22.5	11.26	4.11	2.82	1.00	0.60	1.68	2.50	1.46
	0.07	22.5	11.26	4.11	2.82	1.00	0.80	1.68	2.00	1.30
	0.07	22.5	11.26	4.11	2.82	1.00	0.80	1.68	2.50	1.52
8	0.05	22.9	11.45	4.22	2.94	1.00	0.60	1.67	2.00	1.15
	0.05	22.9	11.45	4.22	2.94	1.00	0.60	1.67	2.50	1.36
	0.05	22.9	11.45	4.22	2.94	1.00	0.80	1.67	2.00	1.19
	0.05	22.9	11.45	4.22	2.94	1.00	0.80	1.67	2.50	1.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.- Capacidad de carga del suelo obtenida por el teorema de Terzaghi en cimentaciones corridas para vivienda considerando falla local

CALICATA	C (kg/cm <sup>2</sup> )	ANG	Nc	Nq	Ny	B (m)	Y (g/cc)	Df (m)	Q ult (kg/cm <sup>2</sup> )	Q adm (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1</b>	0.02	23.2	13.63	4.89	1.79	0.60	1.59	2.00	1.82	<b>0.61</b>
	0.02	23.2	13.63	4.89	1.79	0.60	1.59	2.50	2.21	<b>0.74</b>
	0.02	23.2	13.63	4.89	1.79	0.80	1.59	2.00	1.85	<b>0.62</b>
	0.02	23.2	13.63	4.89	1.79	0.80	1.59	2.50	2.24	<b>0.75</b>
<b>2</b>	0.08	22.4	13.15	4.61	1.63	0.60	1.58	2.00	2.24	<b>0.75</b>
	0.08	22.4	13.15	4.61	1.63	0.60	1.58	2.50	2.60	<b>0.87</b>
	0.08	22.4	13.15	4.61	1.63	0.80	1.58	2.00	2.26	<b>0.75</b>
	0.08	22.4	13.15	4.61	1.63	0.80	1.58	2.50	2.63	<b>0.88</b>
<b>3</b>	0.04	22.6	13.27	4.68	1.66	0.60	1.60	2.00	1.93	<b>0.64</b>
	0.04	22.6	13.27	4.68	1.66	0.60	1.60	2.50	2.31	<b>0.77</b>
	0.04	22.6	13.27	4.68	1.66	0.80	1.60	2.00	1.96	<b>0.65</b>
	0.04	22.6	13.27	4.68	1.66	0.80	1.60	2.50	2.33	<b>0.78</b>
<b>5</b>	0.11	23.1	13.57	4.86	1.76	0.60	1.63	2.00	2.67	<b>0.89</b>
	0.11	23.1	13.57	4.86	1.76	0.60	1.63	2.50	3.06	<b>1.02</b>
	0.11	23.1	13.57	4.86	1.76	0.80	1.63	2.00	2.69	<b>0.90</b>
	0.11	23.1	13.57	4.86	1.76	0.80	1.63	2.50	3.09	<b>1.03</b>
<b>6</b>	0.07	22.5	13.21	4.65	1.65	0.60	1.68	2.00	2.26	<b>0.75</b>
	0.07	22.5	13.21	4.65	1.65	0.60	1.68	2.50	2.65	<b>0.88</b>
	0.07	22.5	13.21	4.65	1.65	0.80	1.68	2.00	2.29	<b>0.76</b>
	0.07	22.5	13.21	4.65	1.65	0.80	1.68	2.50	2.68	<b>0.89</b>
<b>8</b>	0.05	22.9	13.45	4.79	1.72	0.60	1.67	2.00	2.13	<b>0.71</b>
	0.05	22.9	13.45	4.79	1.72	0.60	1.67	2.50	2.53	<b>0.84</b>
	0.05	22.9	13.45	4.79	1.72	0.80	1.67	2.00	2.16	<b>0.72</b>
	0.05	22.9	13.45	4.79	1.72	0.80	1.67	2.50	2.56	<b>0.85</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.8. ASENTAMIENTO

El asentamiento fue calculado para edificaciones aporticadas de 1, 2 y 3 niveles considerando solo el asentamiento inmediato, que se obtiene de la fórmula de elasticidad y de los siguientes parámetros:

$$S = \frac{q * B * (1 - u^2)}{E_s} * I_p$$

Donde

- S: asentamiento inicial
- B: dimensión característica del área cargada = variable
- Es: Módulo de elasticidad del suelo = 1 500 lb/pulg<sup>2</sup>
- U: Relación de Poisson = 0,20
- Q: Esfuerzo promedio transmitido variable
- Número de pisos de la estructura: vivienda de 1, 2 y 3 niveles.
- Tipo de cimentación: zapatas (ancho de 1,5 m, 2 m y 2,5 m y largo de 1,50 m, 2 m y 2,5 m)

Tabla 17.- Asentamientos inmediatos para cimentaciones rígidas y flexibles en viviendas de hasta 3 niveles en función del ancho y largo de su cimentación

	q (Tn/m <sup>2</sup> )	B (m)	L (m)	RIGIDO	FLEXIBLE		
				S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Media
1º NIVEL	7.63	1.50	1.50	0.85	1.16	0.58	0.96
	6.74	1.50	2.00	0.90	1.19	0.59	1.00
	6.20	1.50	2.50	0.93	1.21	0.60	1.03
	6.07	2.00	2.00	0.90	1.23	0.61	1.02
	5.67	2.00	2.50	0.97	1.29	0.64	1.08
	5.35	2.50	2.50	0.99	1.35	0.68	1.12
2º NIVEL	12.96	1.50	1.50	1.44	1.97	0.98	1.63
	10.74	1.50	2.00	1.43	1.89	0.95	1.59
	9.40	1.50	2.50	1.41	1.83	0.92	1.55
	9.07	2.00	2.00	1.35	1.84	0.92	1.52
	8.07	2.00	2.50	1.38	1.84	0.92	1.54
	7.27	2.50	2.50	1.35	1.84	0.92	1.53
3º NIVEL	18.29	1.50	1.50	2.04	2.78	1.39	2.30
	14.74	1.50	2.00	1.96	2.59	1.30	2.18
	12.60	1.50	2.50	1.89	2.46	1.23	2.08
	12.07	2.00	2.00	1.79	2.44	1.22	2.03
	10.47	2.00	2.50	1.79	2.38	1.19	2.00
	9.19	2.50	2.50	1.70	2.33	1.16	1.93

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que en los cálculos de asentamiento inmediato se ha estimado que las viviendas constan de columnas separadas cada 4 m .

Luego se hizo el metrado de cargas, obteniendo que la azotea posee un peso de 8 tn y en los pisos típicos un peso de 12 tn; así mismo, para una vivienda de un solo nivel la zapata soporta un peso de 8 tn, para una vivienda de 2 niveles será de 20 tn y para 3 niveles será de 32 tn .

Finalmente, estos valores fueron divididos entre el área de cada zapata para obtener el esfuerzo actuante sobre el suelo y se añadió el peso propio de la cimentación, la sobrecarga del primer nivel y el peso del suelo sobre la cimentación. Los resultados son denominados  $q$  (tn/m<sup>2</sup>) en la tabla N° 17 de asentamientos inmediatos.

En conclusión, para viviendas de un solo nivel se espera un asentamiento de 0,92 cm, para viviendas de 2 niveles de 1,39 cm y para viviendas de 3 niveles de 1,86 cm, considerando cimentaciones superficiales rígidas de hasta 2,5 m de lado.

Sin embargo, estos resultados suponen el posible asentamiento inmediato que sufriría una vivienda de hasta 3 niveles, pero todavía queda por conocer el asentamiento a largo plazo, en el cual influye el potencial de colapso como una pérdida de volumen repentina al contacto del agua originando asentamientos diferenciales.

### 3.9. MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

De los resultados de capacidad portante, potencial de colapso y densidad relativa en la zona de estudio, se plantean 3 zonificaciones geotécnicas con estos aspectos, cuyos planos se encuentran en el Anexo 03 del presente trabajo de Tesis.

Para explicar el procedimiento de elaboración de los mapas geotécnicos, se tomará como ejemplo el plano de “zonificación de capacidad portante”

- En primer lugar se dispone de la ubicación de las 6 calicatas ensayadas por corte directo, dentro de la zona de estudio.

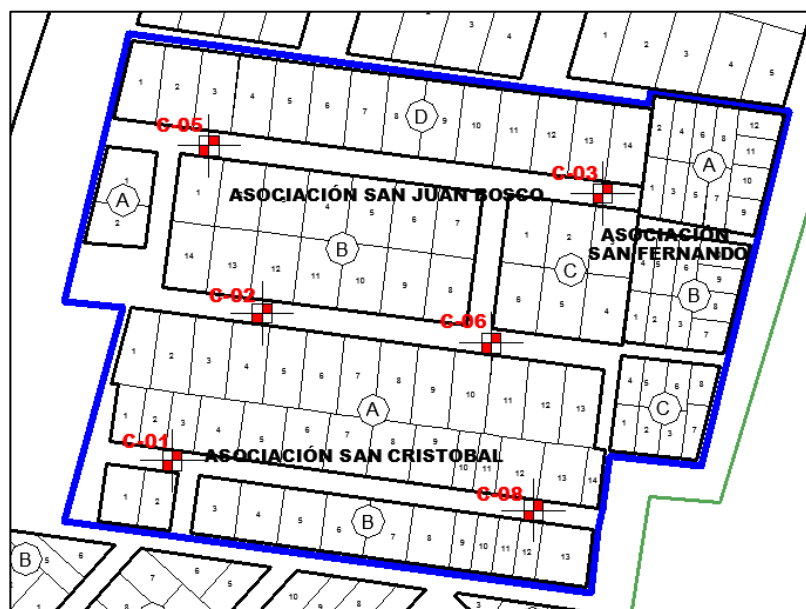


Figura 20. Ubicación de las 6 calicatas ensayadas por corte directo en la zona del estudio geotécnico

Fuente: Elaboración propia.

- Se hace una representación gráfica de estos puntos de exploración con los valores de capacidad de carga que fueron halladas por el método de Meyerhof en este trabajo.



Figura 21. Representación y distribución en planta de las capacidades portantes del suelo obtenidas en el estudio geotécnico

Fuente: Elaboración propia.

- Luego se unen todos los puntos mencionados para formar una triangulación del terreno, en cada trazo generado se calculan nuevos puntos ubicados sobre esta línea, los cuales representan a las capacidades portantes en secuencia de 0,1 kg/cm<sup>2</sup>.

Por ejemplo, al unir el punto 1 y 5 cuyo trazo mide 146,33 m se pueden obtener 6 nuevos puntos cuya separación es proporcional a la distancia y diferencia en capacidad portante de los puntos 1 y 5, obteniendo valores de 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 y 1,5 kg/cm<sup>2</sup>.

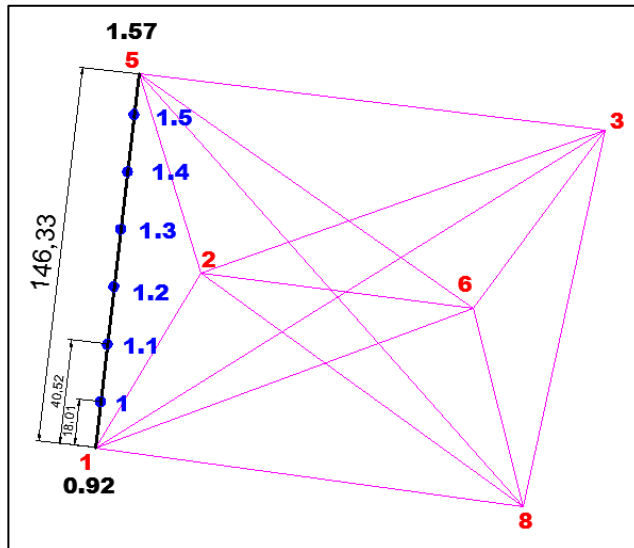


Figura 22. Triangulación y cálculo de nuevas capacidades portantes del suelo generadas a partir de las 6 capacidades portantes obtenidas en el estudio geotécnico

Fuente: Elaboración propia.

- Luego se unen los puntos con igual valor en capacidad portante.

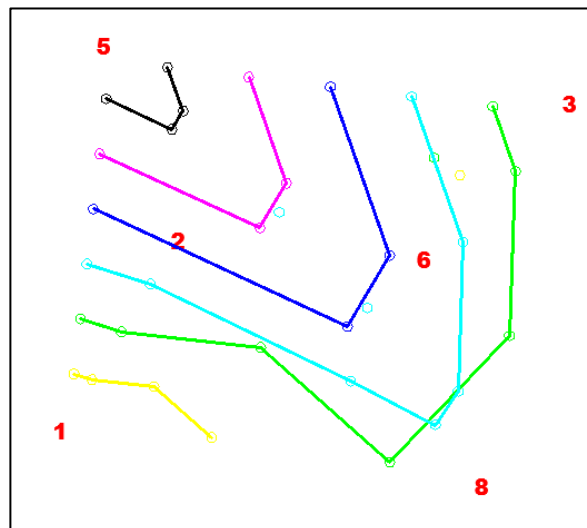


Figura 23. Curvas representativas de capacidad portante del suelo obtenidas a partir de las 6 calicatas realizadas en el estudio geotécnico

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior, la línea amarilla corresponde a la unión de los puntos con capacidad portante de  $1 \text{ kg/cm}^2$ , la línea verde representa a la capacidad portante  $1,1 \text{ kg/cm}^2$  y así sucesivamente hasta la línea negra que representa la capacidad portante de  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ .

- Finalmente, se afinan las curvas generadas para poder distinguir 4 zonas de capacidad portante, donde la zona 01 representa a capacidades portantes mayores a  $1,4 \text{ kg/cm}^2$ , la zona 02 de  $1,2$  a  $1,4 \text{ kg/cm}^2$ , la zona 03 de  $1$  a  $1,2 \text{ kg/cm}^2$  y la zona 04 con capacidades portantes menores a  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

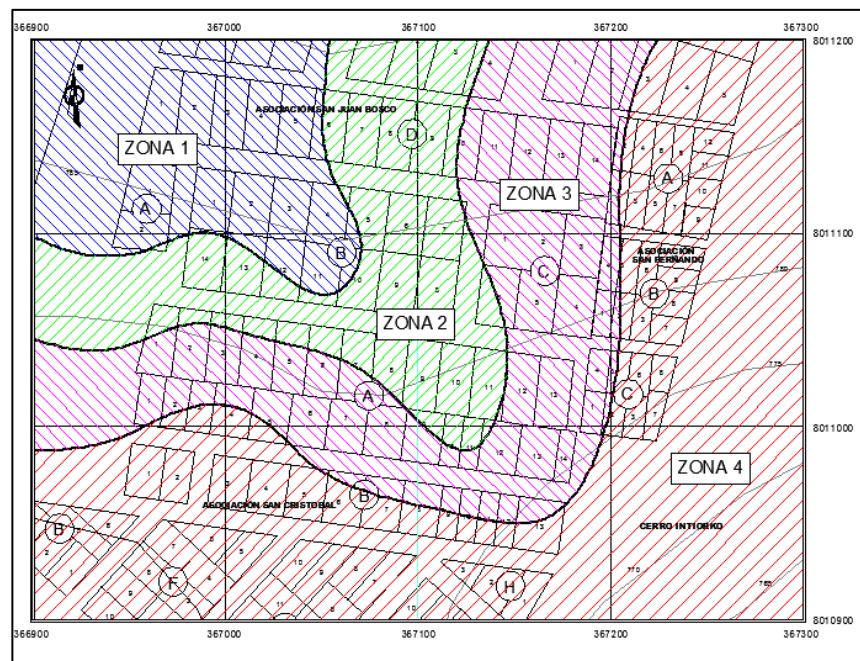


Figura 24. Mapa de microzonificación geotécnica de capacidades portantes de suelo en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera se realizan los mapas de microzonificación geotécnica enfocados al potencial de colapso y densidad relativa.

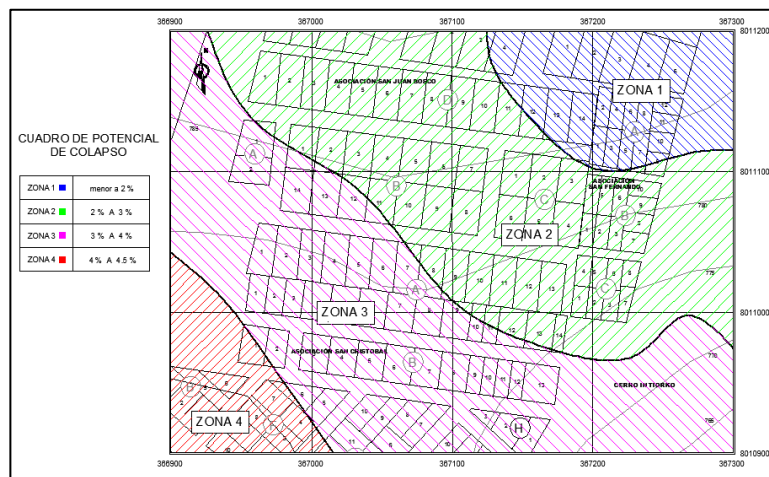


Figura 25. Mapa de microzonificación geotécnica de potencial de colapso de suelo en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

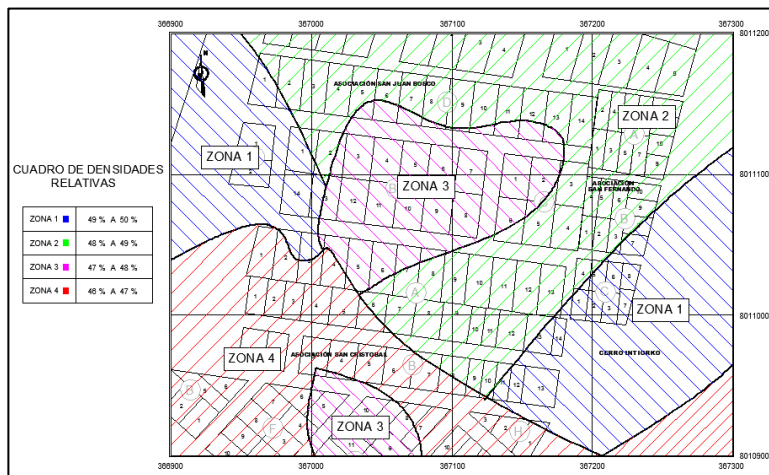


Figura 26. Mapa de microzonificación geotécnica de compacidad relativa de suelo en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

### **3.10. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL CASO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL TERRENO ESTUDIADO**

Las alternativas de solución propuestas van dirigidas a salvar los siguientes problemas:

- Baja capacidad portante del suelo:

La compactación del suelo de cimentación otorga mayor capacidad de carga debido al incremento de la densidad del mismo, en consecuencia se disminuye el porcentaje de vacíos obteniendo una mejor distribución de las fuerzas y un aumento de la resistencia al corte. La aplicación de esta técnica requiere conocer el porcentaje de compactación del suelo, el cual se obtiene de la densidad máxima y humedad óptima del ensayo de proctor estándar o modificado.

Incrementar el área de contacto de la cimentación con el suelo permitiría disminuir la presión ejercida por el peso de la estructura, generalmente en el diseño de cimentaciones al no satisfacer los esfuerzos de servicio se incrementa el área de la zapata pero en caso no hubiese espacio suficiente, se considera utilizar zapatas combinadas. Cuando se trata de edificios, se suelen usar plateas de cimentación con el fin de solucionar la baja capacidad portante del suelo y la reducir los asentamientos diferenciales.

La utilización de geotextiles es válida y recomendable en construcción de terraplenes, carreteras, zonas de aparcamiento y demás obras proyectadas sobre suelos de limitada resistencia al corte. La metodología consiste en colocar varias capas de este material geotextil dentro de una profundidad de igual ancho de la cimentación, de este modo aportarán resistencia a la tracción, aumentarán la resistencia cortante del suelo prolongando la vida útil de la construcción proyectada. De manera muy similar se aplican los métodos de tiras metálicas y de tierras armadas.

- Ocurrencia de colapsabilidad del suelo:

La siguiente figura muestra un procedimiento típico para cimentaciones continuas mediante zapatas conectadas y vigas de cimentación, el cual fue propuesto por Clemence y Finbarr en 1981.

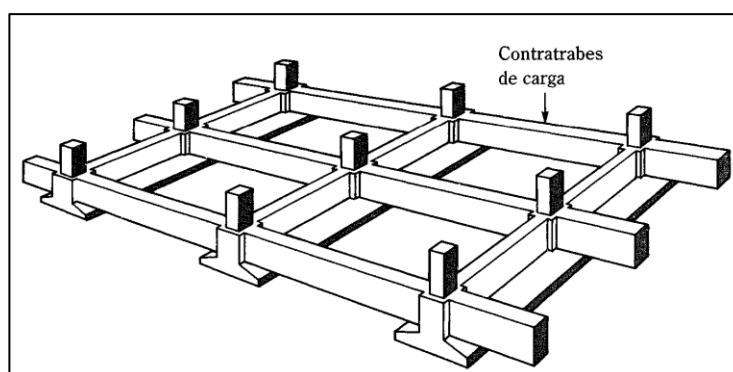


Figura 27. Modelo de cimentación continua con contratraveses de carga

Fuente: Clemence y Finbarr, 1981.

Se debe tener en cuenta si el suelo es susceptible a la humedad, en caso contrario se recomienda utilizar cimentaciones corridas y losas de cimentación, debido a que minimizan los asentamientos diferenciales e impiden que la humedad se incremente bajo las estructuras. Además los asentamientos diferenciales y totales en estas cimentaciones deben ser similares a los de las cimentaciones diseñadas para estos suelos.

De acuerdo a Semkin (1986) es posible realizar una estabilización química a base de bióxido de carbono, silicato de sodio y bióxido de carbono en suelos colapsables para disminuir sus efectos de asentamiento diferencial, el cual fue aplicado por el autor en el Centro Interregional en Tashkent que consta de dos edificios de 35 m y un nivel freático a 18 m de profundidad.

En caso se necesite cimentar una estructura pesada en un suelo altamente colapsable, se puede considerar un tipo de cimentación con columna de roca. Las columnas de roca se construyen de boleos grandes que penetran la capa de suelo potencialmente colapsable, actuando como pilas al transferir la carga a un estrato más estable de suelo. Pero en caso se tengan condiciones más desfavorables, se debe considerar el reemplazo de este material o utilizar pilotes de cimentación que transfieran la carga de la estructura a un estrato rocoso.

Lo más recomendable en suelos con potencial de colapso moderado poco profundo, como el estado de los suelos en la zona de estudio, es realizar su reemplazo total antes de iniciar las obras de construcción por rellenos controlados compactados.

- Ataque químico en el suelo:

La estabilización del suelo con cal cambia considerablemente las características del mismo, produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo en lo que concierne a la acción del agua. Es así que el suelo se hace friable y granular, haciéndolo más fácil de compactar. Al inicio el índice de plasticidad del suelo disminuye drásticamente así como su tendencia a hincharse y contraerse hasta transformarse en un material arenoso granular, con capas duras relativamente impermeables y mejorando su capacidad de carga.

El cemento también es utilizado como estabilizador en suelos, ayuda a disminuir el límite líquido e incrementa el índice plástico y la manejabilidad en suelos granulares y arcillosos. El procedimiento consiste en realizar una mezcla con suelo en el sitio o en una planta mezcladora, el suelo es compactado al peso unitario requerido con una cantidad de agua predeterminada. La cementación disminuye la permeabilidad hidráulica de los suelos e incrementa la resistencia y capacidad de carga.

Otra manera de proteger a las cimentaciones de los ataques químicos del suelo, es a base de la impermeabilización del concreto con aditivos y el aislamiento de los cimientos con membranas impermeables, como por ejemplo se puede usar Sika Bitumen que consta de un imprimante asfáltico o de Sika Combiflex SG – 10 M que consiste de una membrana prefabricada e impermeable en base a poliofina con avanzada capacidad de adherencia.

Finalmente, para cimentar edificaciones de viviendas en esta zona del cerro Intiorko, lo más recomendable es realizar un reemplazo del suelo a una profundidad moderada que abarque el estrato colapsable, tratando el suelo en la base con cal y compactando el material del suelo reemplazante. Las cimentaciones deben consistir de zapatas con suficiente área para soportar la presión del suelo, conectadas mediante vigas de cimentación. Además, estas cimentaciones deben ser impermeabilizadas con aditivos o imprimantes asfálticos, realizando un mantenimiento por periodos de 5 años.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. EXPLORACIÓN PRELIMINAR**

El suelo de cimentación en estudio está conformado geológicamente por la formación Huaylillas, pero en la zona de frontera se presentan otras unidades litoestratigráficas como conglomerados, depósitos antropogénicos de relleno y de basura en pequeña cantidad.

Las unidades geomorfológicas que se encuentran en la zona son principalmente la Planicie Huaylillas y Laderas que bordean el cerro Intiorko. Sin embargo, se podría considerar como Planicie Costanera toda la parte alta del cerro Intiorko, la cual está conformada por acumulaciones de relleno fluvial de la depresión costanera.

En un escenario más minucioso, el suelo de cimentación presenta cuatro capas estratigráficas, que fueron encontradas por la exploración indirecta usando el sondeo eléctrico vertical a una profundidad de 20 m, se establece entonces que la zona está conformada básicamente por arenas limosas hasta una profundidad de 15 m, dentro del estrato se puede encontrar arenas finas y medias en estado seco permeable.

Otros materiales como las tobas y cenizas volcánicas aparecen a medida que la exploración supere los 12 m en profundidad.

De las exploraciones por medio de calicatas, la estratigrafía del suelo es muy regular, se consideran arenas limosas (SM) en la clasificación SUCS, pues poco más del 12 % de sus partículas pasan a través del tamiz N° 200, además más del 50 % de material pasa por el tamiz N° 4.

Respecto a la clasificación AASHTO, no se ha podido realizar el ensayo de límite plástico debido a que las muestras casi no poseen plasticidad; por lo tanto, no se puede clasificar por este método. Sin embargo, de los estudios realizados por INDECI para la elaboración del mapa de peligros de Tacna (2004), se estimó por semejanza que los suelos de este estudio poseen una clasificación AASHTO 2-2-4 (0).

#### **4.2. PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO**

La densidad seca obtenida de las muestras ensayadas es de 1,53 g/cm<sup>3</sup> en promedio, lo que se interpreta como un suelo conformado por arenas uniformes limosas en estado suelto, además la diferencia de densidades oscila entre 1,50 a 1,55 g/cm<sup>3</sup>, equivalentes a 93 y 96 lb/ft<sup>3</sup> en el sistema inglés y posee en promedio una relación de vacíos de 0,83 %.

Tabla 18.- Relación de vacíos y peso específico seco típicos para suelos

TIPO DE SUELO	RELACIÓN DE VACIOS	PESO ESPECÍFICO SECO	
		(lb/ft <sup>3</sup> )	(KN/m <sup>2</sup> )
Arena uniforme suelta	0.8	92	14.5
Arena densa	0.45	115	18
Arena limosa suelta de grano anguloso	0.65	102	16
Arena limosa densa de grano anguloso	0.4	120	19
Arcilla dura	0.6	108	1
Arcilla suave	0.9-1.4	73-92	11.5-14.5
Loes	0.9	86	13.5
Arcilla orgánica suave	2.5-3.2	38-51	6-8
Morrena glacial	0.3	134	21

Fuente: Libro de Principios de ingeniería de cimentaciones Braja M. Das 4ta Edición

Las muestras ensayadas presentan un contenido de humedad promedio de 4,25 %, siendo la mínima de 4,04 % y la máxima de 4,48 %; sin embargo, esto representa un bajo contenido de humedad ya que al tacto las muestras no se desmoronan y no se aglutinan.

Tabla 19.- Relación del grado de humedad de un suelo granular por medio del tacto

GRADO DE HUMEDAD	TACTO	CONTENIDO DE HUMEDAD
SECO	Polvo seco	Ninguna
BAJO	Se desmorona y no se aglutina	25% o menos
MEDIO	Se desmorona pero se aglutina	25% a 50%
ACEPTABLE	Se forma bola y se aglutina con presión	50% a 75%
EXCELENTE	Se forma bola, se aglutina y es amasable	75% a 100%
HÚMEDO	Chorrea agua cuando se aprieta	Sobre capacidad

Fuente: Gonzales Et Al (1990)

De los resultados obtenidos en densidades relativas, se verifica que las muestras presentan una compacidad relativa entre 47,19 % y 49,61 %, lo que resulta que las muestras presentan una consistencia medio suelta, caracterizando un suelo granular moderadamente suelto.

Tabla 20.- Descripción de la compacidad relativa en un suelo granular

<b>COMPACIDAD RELATIVA Cr (%)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
0 – 20	Muy suelto
20 – 40	Suelto
40 – 60	Medio
60 – 80	Denso
80 – 100	Muy denso

Fuente: Libro de Principios de ingeniería de cimentaciones Braja M. Das 4ta Edición

Del plano de zonificación de compacidad relativa, la región al noroeste del área de estudio presenta una mayor densidad relativa respecto al resto; sin embargo, no es suficiente para considerarse un suelo de buena capacidad portante.

De los ensayos de proctor modificado se obtiene un valor promedio de 11 % en contenido de humedad óptima y  $1,86 \text{ g/cm}^3$  de densidad máxima, de acuerdo a los rangos establecidos por el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería, se comprueba que las muestras ensayadas son arenas limosas ya que poseen un contenido de humedad entre 8 y 12 %.

Tabla 21.- Rango aproximado del contenido de humedad vs tipo de suelo

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Contenido de humedad del ensayo de proctor modificado</b>
Grava tipo afirmado	4 - 8
Arena	6 - 10
Arena limosa	8 - 12
Limo	11 - 15
Arcilla	13 - 21

Fuente: Taller de mecánica de suelos LMS-FIC-UNI 2006

Las muestras ensayadas presentan un límite líquido que oscila entre 20,27 y 24,76 %, determinando un grado de expansión de bajo hinchamiento.

Tabla 22.- Relación entre el grado de expansión y el límite líquido en suelos

<b>Límite líquido (%)</b>	<b>Grado de expansión</b>
0-20	No hay hinchamiento
20-35	Bajo hinchamiento
35-50	Hinchamiento medio
50-70	Alto hinchamiento
70-90	Hinchamiento muy alto
mayor que 90	Hinchamiento extra alto

Fuente: Dakshanamurthy y Raman (1973)

Los valores de ángulo de fricción están comprendidos entre 22,4° y 22,2° interpretado como un valor relativamente bajo, además significa que el suelo en estudio está conformado por arenas blandas ya que la cohesión que poseen es casi nula. Con esta información se comprueba que las muestras ensayadas no poseen plasticidad, ya que el ensayo de límite plástico no pudo ser realizado y fueron catalogados como NP.

Respecto al contenido de cloruros, las muestras ensayadas están menor concentración que 0,2 %, porque de ser superior la Norma E.050 recomienda tomar medidas de protección.

Tomando como referencia la norma española de Instrucción de Hormigón Estructural en sulfatos EHE-08, los suelos ensayados en este estudio poseen una concentración de sulfatos muy baja ya que se considera como ataque débil por sulfatos cuando su concentración está entre 2 000 a 3 000 ppm, mientras que los suelos en estudio están entre 1 400 a 1 600 ppm; por lo tanto, en este aspecto los suelos no necesitan tratamiento.

En cuanto al contenido de sales, si su concentración supera las 2 000 ppm se consideran problemáticos. La concentración de sales solubles en las muestras ensayadas oscilan entre 3 600 a 4 100 ppm; por lo tanto, se debe tomar las medidas correspondientes en la construcción y hacer un mantenimiento periódico constante para tratar esta salinidad en las cimentaciones.

#### **4.3. CAPACIDAD PORTANTE**

La capacidad portante del suelo en cimentaciones corridas es 0,92 kg/cm<sup>2</sup> y en estructuras aporticadas 1,63 kg/cm<sup>2</sup> considerando la teoría de Meyerhof en capacidad de carga admisible. Por otro lado, la teoría

de Terzaghi otorga valores relativamente más bajos y sin embargo se escogió el método anterior debido a lo siguiente:

La ecuación de capacidad de carga de Terzaghi es uno de los métodos más usados para los proyectos prácticos en base a cimentaciones superficiales; sin embargo, solo es válida para cimentaciones continuas, cuadradas y circulares.

El método de Meyerhof presenta una ecuación general modificando los factores de capacidad de carga de Terzaghi y añade factores de forma, profundidad e inclinación, con lo cual su ecuación es válida además para cimentaciones rectangulares, cargas inclinadas y cimentaciones superficiales y profundas.

Tabla 23.- Comparación de las teorías de capacidad de carga de Terzaghi y Meyerhof

TEORÍA DE TERZAGHI	TEORÍA DE MEYERHOF
$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$ <p>Donde            c = cohesión del suelo            Y = peso específico del suelo            q = Y*Df            Nc, Nq, Ny = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción del suelo.</p>	$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$ <p>Donde            c = cohesión            q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación            Y = peso específico del suelo            B = ancho de la cimentación (diámetro de una cimentación circular)            Fcs, Fqs, Fys = factores de forma            Fcd, Fqd, Fyd = factores de profundidad            Fci, Fqi, Fyi = factores por inclinación de la carga            Nc, Nq, Ny = factores de capacidad de carga</p>

Fuente: Dakshanamurthy y Raman (1973)

Por lo tanto, debido a la variedad de formas, profundidades y dimensiones que existen en cimentaciones, se optó por utilizar la teoría de Meyerhof por ser un método generalizado para los fines de la presente Tesis.

#### **4.4. ASENTAMIENTOS**

De los cálculos de asentamiento en este trabajo, se estimó que para viviendas de hasta 2 niveles se esperan desplazamientos de 1,39 cm y en 3 niveles de 1,86 cm. Se señala que estos asentamientos no consideran el efecto de colapsabilidad, de consolidación, ni la geodinámica externa, por lo que se reitera, se trata de una estimación.

El asentamiento tolerable para viviendas compuestas de muros de mampostería es de 1 pulgada (Sowers, 1962) y el asentamiento diferencial aceptable debe ser menor a 0,002 veces la separación de zapatas, para tener la seguridad de no permitir grietas en muros (RNE E.050).

#### **4.5. MICROZONIFICACIONES GEOTÉCNICAS**

Del gráfico de microzonificación geotécnica en relación a capacidades portantes, las asociaciones San Cristobal y San Fernando poseen las más bajas capacidades portantes por lo que requieren de cimentaciones combinadas de mayor dimensión y profundidad que en otras zonas; sin

embargo, la zona noroeste de la asociación San Juan Bosco tiene mejor capacidad portante y permite la construcción de viviendas considerando las medidas de seguridad apropiadas respecto a asentamientos tolerables, colapsabilidad y agresividad salina.

En cuanto a la zonificación de potencial de colapso, la zona al suroeste de la asociación San Cristobal no es recomendable para la construcción de viviendas porque posee potenciales de colapso mayores a 4 %, significando suelos problemáticos (Jennings y Knight, 1975).

Respecto a la ubicación de la zona de estudio en el mapa de peligros de Tacna, cabe resaltar que no fue considerado; por lo que se da lugar a continuar realizando futuros estudios geotécnicos en estas zonas para complementar la información del actual mapa de peligros de Tacna.

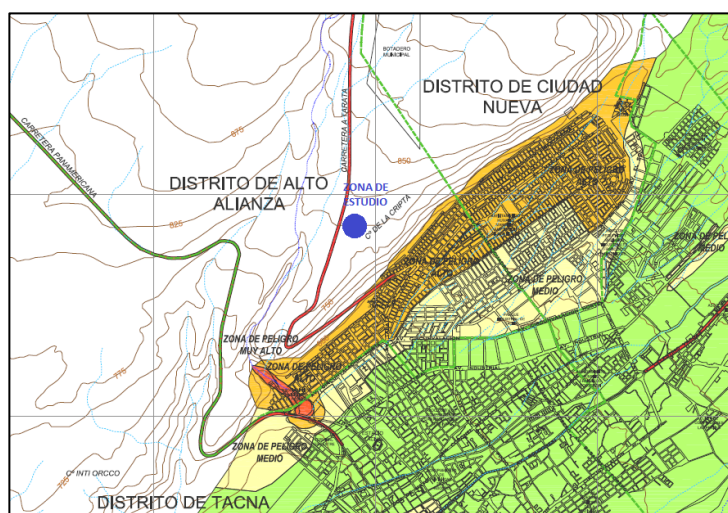


Figura 28. Ubicación de la zona de estudio respecto al Mapa de Peligros de Tacna

Fuente: Mapa de peligros de Tacna, 2004

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- Las características geotécnicas del suelo estudiadas señalan que las viviendas situadas en el cerro Intiorko no ofrecen calidad ni seguridad frente a los eventos sísmicos similares a los que han precedido en Tacna.
- Los suelos pertenecientes a las asociaciones de vivienda San Juan Bosco, San Fernando y San Cristobal presentan una clasificación SM de arena limosa no plástica.
- Los suelos estudiados están conformados de arenas limosas uniformes en estado suelto, con bajo contenido de humedad y plasticidad.
- Los suelos de cimentación en la zona de estudio poseen una concentración importante de sales y problemas moderados de colapsabilidad que producirían asentamientos diferenciales importantes que ponen en riesgo la seguridad de los habitantes de esta zona.

- La capacidad portante del suelo en estudio es  $1,63 \text{ kg/cm}^2$  para zapatas y  $0,92 \text{ kg/cm}^2$  para cimientos corridos.
- El hecho de que los suelos estudiados sean de baja capacidad portante, posean concentraciones importantes de sales y estén comprendidos en una zona moderadamente colapsable, los hace ser considerados ingenierilmente no aptos para cimentar viviendas seguras. Un intento de su empleo significaría una inversión muy costosa.
- Restringir la construcción de estructuras importantes en estas áreas, principalmente en lugares donde se tenga potenciales de colapso mayores a 1 % y cuyos asentamientos sean mayores a una pulgada.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ❖ Si se tratase de ejecutar un proyecto de inversión en la zona estudiada, debe tomarse en cuenta el historial registral del predio para verificar su saneamiento físico legal, el costo de inversión para saber si es rentable el proyecto y finalmente el aspecto técnico para realizar los estudios geotécnicos pertinentes.
- ❖ Se recomienda realizar un sondeo eléctrico vertical cuando se tenga la certeza de encontrar el nivel freático en esta zona. En caso contrario se recomienda realizar una prospección sísmica para

obtener mayor información preliminar de las propiedades mecánicas y físicas del subsuelo.

- ❖ Ante la agresividad salina del suelo, es recomendable realizar el aislamiento de las cimentaciones al contacto del suelo y la estabilización de este con cal; además, se debe realizar un mantenimiento de estos con aditivos e imprimantes asfálticos por periodos de 5 años.
- ❖ En situaciones inusuales, si se consideran estructuras elevadas, las cimentaciones deberán de llegar hasta el basamento rocoso, atravesando todo el material suelto colapsable conformado por arenas limosas.
- ❖ Se sugiere para futuras investigaciones considerar la determinación de la velocidad de onda de corte en los estudios de mecánica de suelos, ya que este valor proporciona valores importantes en el diseño sismoresistente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. 2012 - 2013.**  
Compendio Estadístico de Tacna.
- 2. INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL.** Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna. Edición 2004.
- 3. JUAREZ BADILLO RICO RODRIGUEZ.** Mecánica de Suelos Tomo I. Editorial Limusa S.A.
- 4. DR. ING. JORGE E. ALVA HURTADO.** Diseño de Cimentaciones. Fondo Editorial ICG, 3ra Edición PT – 35. Lima, Perú.
- 5. ING. ROBERTO MORALES MORALES.** Diseño de Concreto Armado. Fondo Editorial ICG, 3ra Edición PT – 06. Lima, Perú.
- 6. BRAJA M. DAS.** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Editorial Thompson Learning, Primera Edición, 2001.
- 7. BRAJA M. DAS.** Principios de Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Thompson Learning, Cuarta Edición, 2001.
- 8. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.**  
Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería. Edición Marcial Blondet.

- 9. TEODORO E. HARMSEN.** Diseño de Estructuras de Concreto Armado Cuarta Edición.
- 10. JUAN SILVA ARANÍBAR Y JORGE BERRÍOS MANZUR.** Tesis: “Estudio de Suelos para Cimentaciones en Edificaciones del Cono Norte de la Ciudad de Tacna”, Universidad Privada de Tacna 1998.
- 11. RUBÉN CAHUANA ARI.** Tesis: “Refracción Sísmica y Remi Aplicados a la Obtención de los Parámetros Dinámicos del Suelo en el Estudio Geológico-geotécnico en La Florida, Distrito Alto de la Alianza-Tacna”, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2009.
- 12. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TACNA E INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO URBANO,** “Plan Director de Tacna”, Informe Final, Tacna-Perú, 2010.
- 13. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES,** Editorial Megabyte Tercera Edición, Lima-Perú, 2010.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 01**

CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA**

**ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE MUESTRA ALCANZADA:**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA – REGIÓN TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA – TACNA.

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN – CALICATA N° 01 A CALICATA N° 06.

**FECHA** : TACNA, SETIEMBRE DEL 2014

Luego del análisis por triplicado, se arribó al siguiente resultado:

MUESTRA	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES		SULFATOS ( $SO_4^{-2}$ )		CLORUROS ( $Cl^-$ )	
	C-1: (Calicata N° 1)	0.379 %	3790 ppm	0.154 %	1540 ppm	0.192 %
C-2: (Calicata N° 2)	0.361 %	3610 ppm	0.145 %	1450 ppm	0.183 %	1830 ppm
C-3: (Calicata N° 3)	0.395 %	3950 ppm	0.159 %	1590 ppm	0.199 %	1990 ppm
C-4: (Calicata N° 4)	0.402 %	4020 ppm	0.163 %	1630 ppm	0.201 %	2010 ppm
C-5: (Calicata N° 5)	0.412 %	4120 ppm	0.167 %	1670 ppm	0.207 %	2070 ppm
C-6: (Calicata N° 6)	0.388 %	3880 ppm	0.158 %	1580 ppm	0.196 %	1960 ppm

**OBSERVACION:**

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Son muestras severamente salinos.

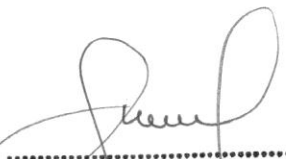
**NORMA:** Sales Solubles Totales (ASTM D 1889); Sulfatos (ASTM D 516); Cloruros (ASTM D 512)

**PARÁMETROS:**

Severa	$1500 \leq (SO_4^{-2}) \leq 10000$ ppm
--------	--

Atentamente,



  
Pablo Aparicio Aya Arapa  
INGENIERO QUÍMICO  
Reg. Colegio de Ing. 37121



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA**

**ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE MUESTRA ALCANZADA:**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA – REGIÓN TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA – TACNA.

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN – CALICATA Nº 07 A CALICATA Nº 12.

**FECHA** : TACNA, SETIEMBRE DEL 2014

Luego del análisis por triplicado, se arribó al siguiente resultado:

MUESTRA	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES		SULFATOS ( $SO_4^{-2}$ )		CLORUROS ( $Cl^-$ )	
	C-7: (Calicata Nº 7)	0.405 %	4050 ppm	0.154 %	1650 ppm	0.192 %
C-8: (Calicata Nº 8)	0.399 %	3990 ppm	0.163 %	1630 ppm	0.183 %	2030 ppm
C-9: (Calicata Nº 9)	0.387 %	3870 ppm	0.158 %	1580 ppm	0.199 %	1970 ppm
C-10: (Calicata Nº 10)	0.383 %	3830 ppm	0.157 %	1570 ppm	0.201 %	1950 ppm
C-11: (Calicata Nº 11)	0.401 %	4010 ppm	0.164 %	1640 ppm	0.207 %	2040 ppm
C-12: (Calicata Nº 12)	0.411 %	4110 ppm	0.168 %	1680 ppm	0.209 %	2090 ppm

**OBSERVACION:**

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Son muestras severamente salinos.

**NORMA:** Sales Solubles Totales (ASTM D 1889); Sulfatos (ASTM D 516); Cloruros (ASTM D 512)

**PARÁMETROS:**

Severa	$1500 \leq (SO_4^{-2}) \leq 10000$ ppm
--------	--

Atentamente,



**Pablo Aparicio Aya Arapa**  
**INGENIERO QUÍMICO**  
Reg. Colegio de Ing. 37121



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 01**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm		Depositos de arena suelta con presencia de limos y caliche en estado seco.			
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm					
120 cm					
140 cm					
160 cm	<b>M 01</b>	Estrato unico conformado por arena limosa con material consolidado semipermeable en estado seco de color beige.		A-2-4 (0)	SM
180 cm					
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Ing. César José Arandaño Jimallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-02

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 02**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm		Depositos de arena suelta con presencia de limos y caliche en estado seco.			
40 cm		Estrato conformado de arenas limosas y finos no plasticos con presencia de caliche.			
60 cm					
80 cm					
100 cm					
120 cm					
140 cm					
160 cm					
180 cm	<b>M 01</b>	Estrato unico conformado por arena limosa con material consolidado semipermeable y tufo volcanico.		A-2-4 (0)	SM
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Ing. Cesar José Avendaño Jihuallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
**Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 03**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION					
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS	
0 cm						
20 cm		Depositos de arena suelta con presencia de limos y caliche en estado seco.				
40 cm						
60 cm						
80 cm		Estrato conformado de arenas limosas y finos no plasticos con presencia de caliche.				
100 cm						
120 cm						
140 cm						
160 cm						
180 cm						
200 cm			Estrato unico conformado por material consolidado seco con arena limosa de color beige.		A-2-4 (0)	SM
220 cm	<b>M 01</b>					
240 cm						
260 cm						
280 cm						
300 cm						



*Ing. Cesar José Arendano Jiravallanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-04

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 04**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm		Depositos de arena suelta con presencia de limos y caliche en estado seco.			
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm		Estrato conformado de arenas limosas y finos no plasticos con presencia de caliche.			
120 cm					
140 cm					
160 cm					
180 cm					
200 cm					
220 cm		Estrato unico conformado por arena limosa con material consolidado semipermeable en estado seco de color beige.		A-2-4 (0)	SM
240 cm	M 01				
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Cesar José Avendaño Jimallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-05

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 05**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm		Depositos de arena suelta con presencia de limos y caliche en estado seco.			
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm					
120 cm	M 01	Estrato conformado de arenas limosas y finos no plasticos con presencia de caliche.		A-2-4 (0)	SM
140 cm					
160 cm					
180 cm					
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Ing. Cesar José Arendano Jihualanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-06

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 06**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm					
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm		Estrato conformado de arenas limosas y finos no plasticos con presencia de caliche.			
120 cm					
140 cm					
160 cm					
180 cm					
200 cm					
220 cm	<b>M 01</b>	Estrato unico conformado por arena limosa y tufo volcanico de color beige.		A-2-4 (0)	SM
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Cesar José Arce*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TÉC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-07

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 07**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm					
40 cm		Depositos de arena suelta con presencia de limos y caliche en estado seco.			
60 cm					
80 cm					
100 cm	<b>M 01</b>	Estrato unico conformado por arena limosa suelta con presencia de tufos de color beige.		A-2-4 (0)	SM
120 cm					
140 cm					
160 cm					
180 cm					
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Cesar José Arendano Jirualonga*  
**Ing. Cesar José Arendano Jirualonga**  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-08

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 08**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm		Depositos de arena limosa suelta y fina con presencia de sales solubles.			
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm					
120 cm		Estrato conformado de arenas limosas y finos no plasticos con presencia de caliche.			
140 cm					
160 cm		Estrato unico conformado por arenas limosas finas y sueltas con presencia de material consolidado seco de color beige.		A-2-4 (0)	SM
180 cm	<b>M 01</b>				
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Cesar José Arandaño Jibualonga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
**Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-09

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 09**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm					
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm					
120 cm					
140 cm					
160 cm	<b>M 01</b>	Estrato unico conformado por arena limosa y material suelto y fino con presencia de tufo volcanico de color beige.		A-2-4 (0)	SM
180 cm					
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*Cesar José Arceño Jituaallanga*  
 INGENIERO DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-10

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 10**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm					
40 cm					
60 cm					
80 cm		Depositos de arena suelta con presencia de limos y caliche en estado seco.			
100 cm					
120 cm					
140 cm					
160 cm					
180 cm	<b>M 01</b>	Estrato unico conformado por arena limosa con material consolidado semipermeable en estado seco de color beige.		A-2-4 (0)	SM
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*José Mesar José Arandaño Jihualanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-11

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 11**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm					
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm					
120 cm					
140 cm					
160 cm					
180 cm					
200 cm	<b>M 01</b>	Estrato conformado por arena limosas sueltas con presencia de caliche de color gris y material consolidado semicompacto.		A-2-4 (0)	SM
220 cm					
240 cm					
260 cm					
280 cm					
300 cm					



*César José Avendaño Jhuallanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-12

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 12**

PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION				
	MUESTRA	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	AASHTO	SUCS
0 cm					
20 cm					
40 cm					
60 cm					
80 cm					
100 cm					
120 cm					
140 cm					
160 cm					
180 cm					
200 cm					
220 cm					
240 cm					
260 cm	<b>M 01</b>	Estrato conformado de arenas limosas y finos no plasticos con presencia de caliche.		A-2-4 (0)	SM
280 cm					
300 cm					



*Cesar José Avendaño Jituañanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 01**

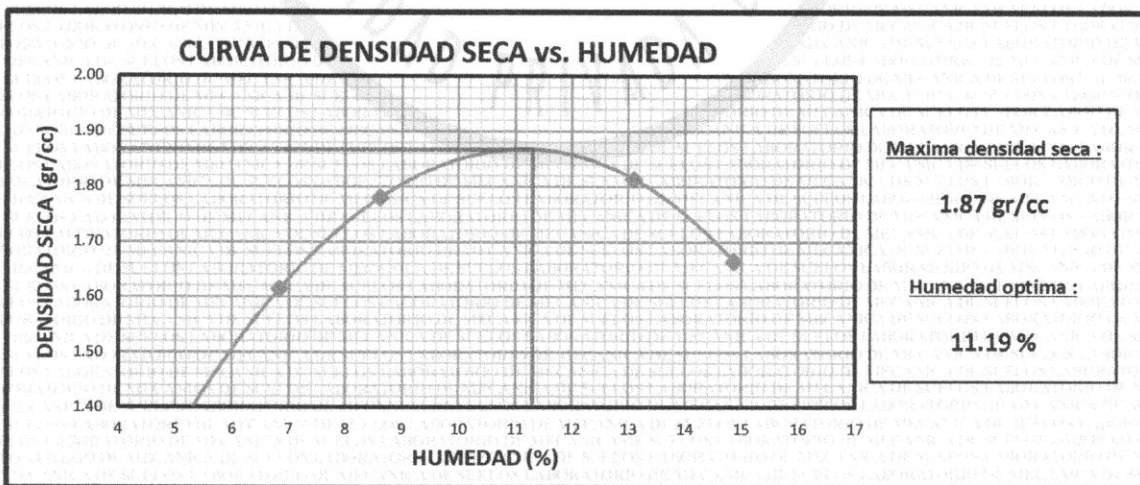
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde N°</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>N° de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5865	6073	6192	6052
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1725	1933	2052	1912
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.725	1.933	2.052	1.912

Suelo humedo + tara	gr.	479.50	381.00	399.15	410.20
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	26.20	23.70	37.05	43.10
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.84	8.61	13.10	14.86

<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.84	8.61	13.10	14.86
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.61	1.78	1.81	1.66



*Cesar José Avendaño Jihualanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-02

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 02**

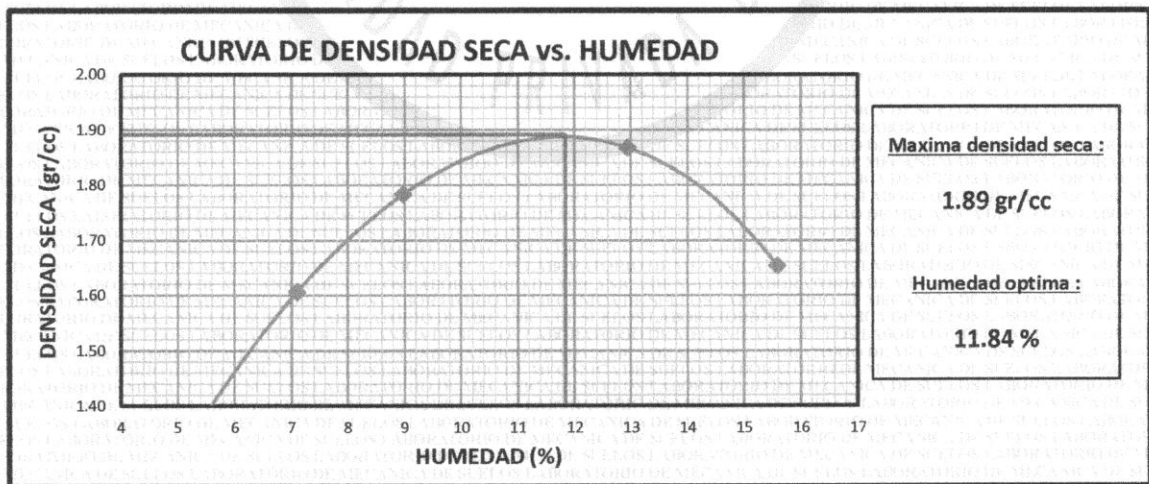
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde Nº</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>Nº de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5860	6083	6250	6052
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1720	1943	2110	1912
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.720	1.943	2.110	1.912

Suelo humedo + tara	gr.	480.50	382.00	398.70	412.30
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	27.20	24.70	36.60	45.20
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	7.10	8.97	12.94	15.58

<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.10	8.97	12.94	15.58
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.61	1.78	1.87	1.65



*Ing. Cesar José Avendaño Jimallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 03**

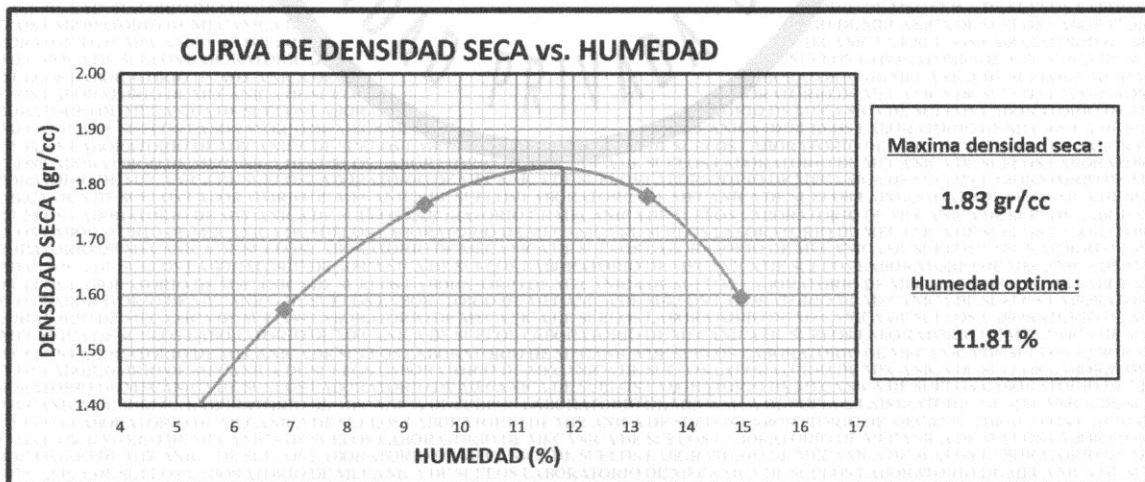
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde N°</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>N° de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5822	6070	6156	5975
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1682	1930	2016	1835
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.682	1.930	2.016	1.835

Suelo humedo + tara	gr.	479.70	383.10	399.72	410.50
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	26.40	25.80	37.62	43.40
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.89	9.37	13.30	14.96

<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.89	9.37	13.30	14.96
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.57	1.76	1.78	1.60



*Cesar Jose Avendaño Jibualanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-04

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 04**

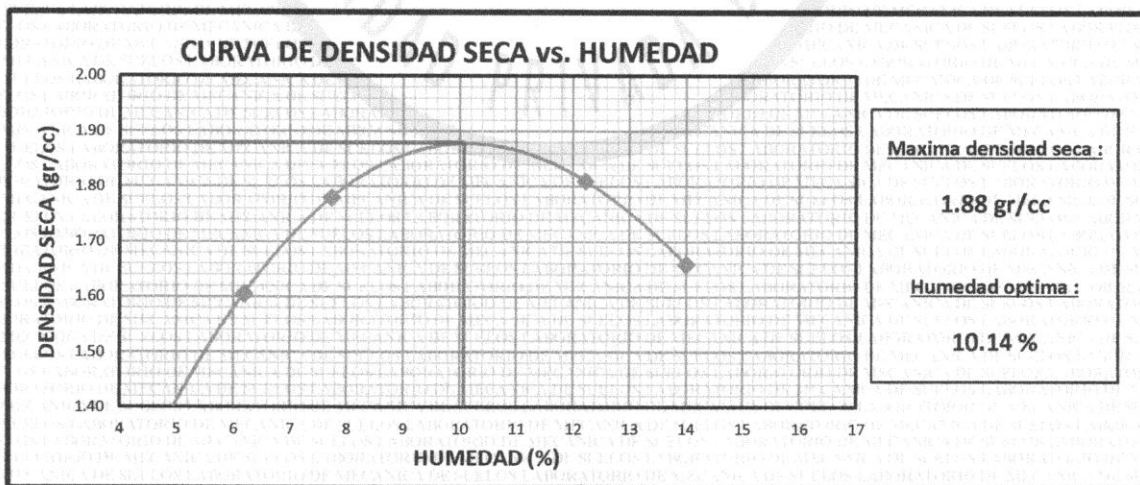
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde N°</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>N° de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5845	6058	6172	6032
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1705	1918	2032	1892
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.705	1.918	2.032	1.892

Suelo humedo + tara	gr.	477.00	378.60	396.65	407.70
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	23.70	21.30	34.55	40.60
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.18	7.74	12.22	14.00

<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.18	7.74	12.22	14.00
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.61	1.78	1.81	1.66



*Cesar José Avendaño Jimallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-05

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 05**

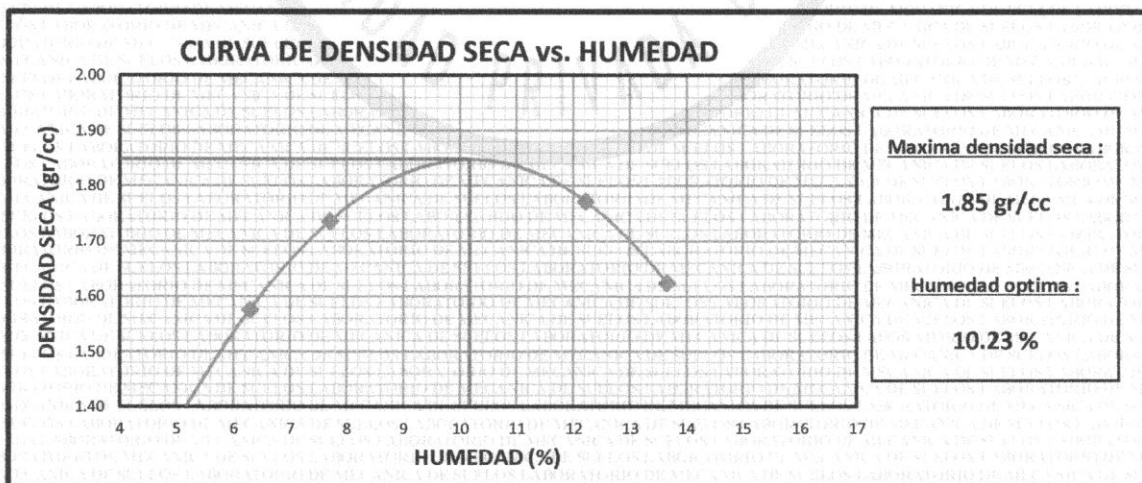
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde Nº</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>Nº de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5815	6010	6129	5987
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1675	1870	1989	1847
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.675	1.870	1.989	1.847

Suelo humedo + tara	gr.	477.40	378.50	396.65	406.70
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	24.10	21.20	34.55	39.60
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.29	7.70	12.22	13.65

<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.29	7.70	12.22	13.65
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.58	1.74	1.77	1.63



*Cesar Jose Avendaño Jihwallanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-06

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 06**

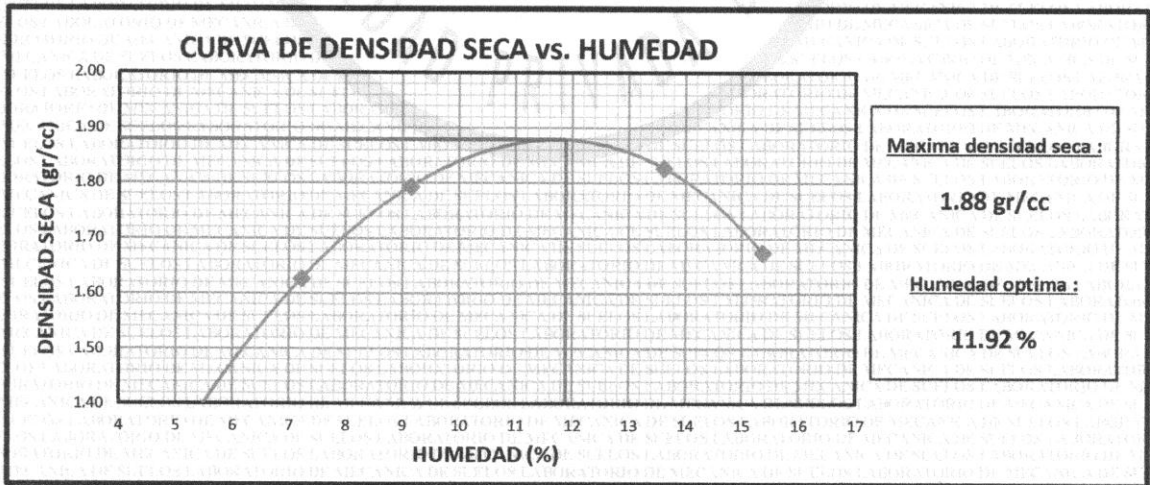
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde N°</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>N° de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5885	6098	6217	6072
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1745	1958	2077	1932
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.745	1.958	2.077	1.932

Suelo humedo + tara	gr.	480.97	382.47	400.62	411.67
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	27.67	25.17	38.52	44.57
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	7.22	9.14	13.62	15.36

<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.22	9.14	13.62	15.36
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.63	1.79	1.83	1.67



*Cesar José Acosta Jiravallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-07

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 07**

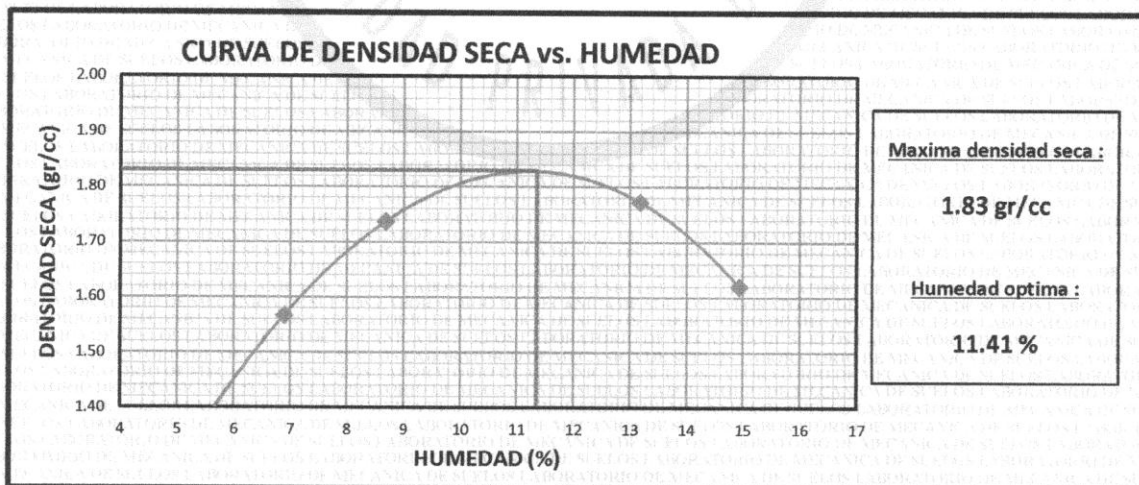
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde Nº</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>Nº de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5815	6028	6147	6002
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1675	1888	2007	1862
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.675	1.888	2.007	1.862

Suelo humedo + tara	gr.	479.70	381.20	399.35	410.40
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	26.40	23.90	37.25	43.30
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.89	8.68	13.17	14.93

<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.89	8.68	13.17	14.93
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.57	1.74	1.77	1.62



*Ing. Cesar José Avendaño Jhuallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-08

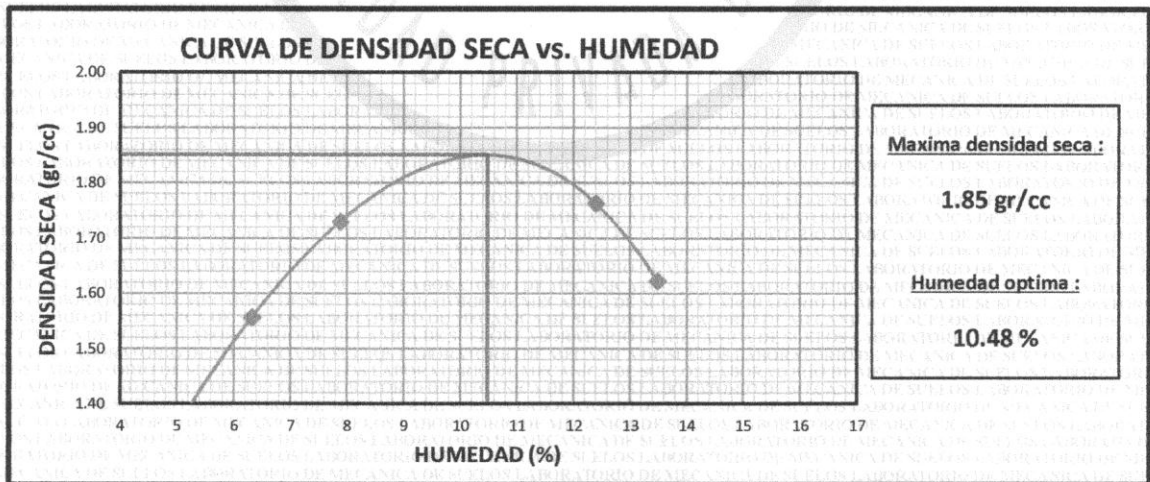
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 08**

**Datos Tecnicos:**

<b>Molde Nº</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>Nº de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5795	6007	6122	5982
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1655	1867	1982	1842
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.655	1.867	1.982	1.842
Suelo humedo + tara	gr.	477.50	379.00	397.15	406.20
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	24.20	21.70	35.05	39.10
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.31	7.88	12.39	13.48
<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.31	7.88	12.39	13.48
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.56	1.73	1.76	1.62



*Ing. Cesar Jose Avendaño Jimallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A

TESIS : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

MUESTRA : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-09

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA N° 09

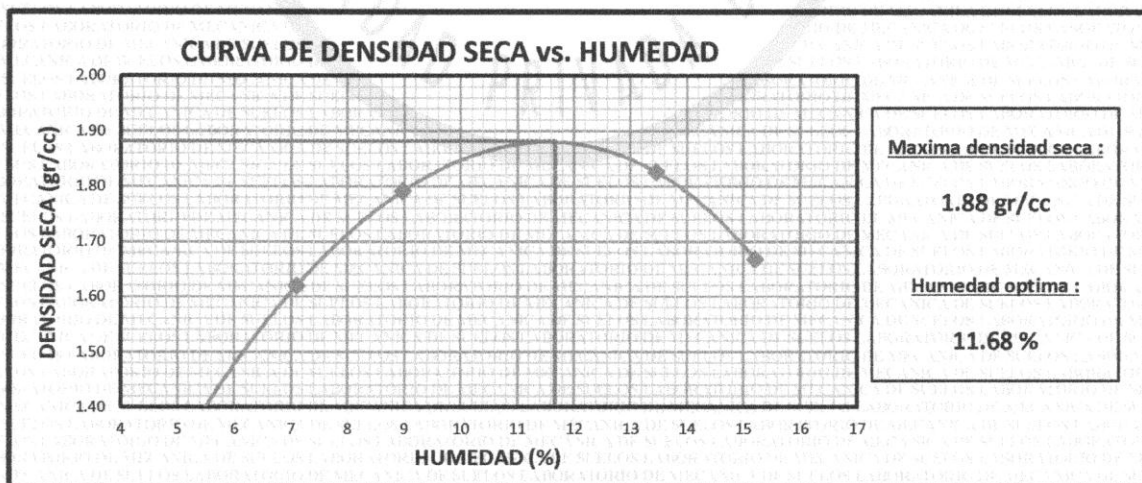
Datos Tecnicos:

Molde N°	1	Volumen	1000 cc
N° de capas	5	Golpes/capa	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5875	6092	6212	6062
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1735	1952	2072	1922
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.735	1.952	2.072	1.922

Suelo humedo + tara	gr.	480.50	382.00	400.15	411.20
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	27.20	24.70	38.05	44.10
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	7.10	8.97	13.45	15.20

Promedio de Humedad	%	7.10	8.97	13.45	15.20
Densidad del suelo seco	gr/cc	1.62	1.79	1.83	1.67



*Cesar José Avendaño Jirullanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavim...



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-10

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 10**

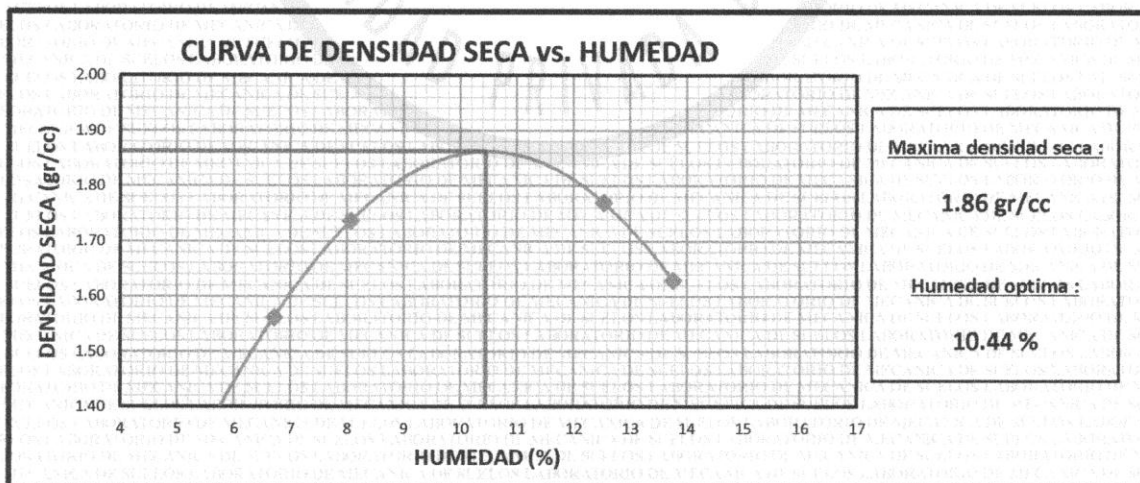
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde N°</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>N° de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5807	6017	6132	5994
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1667	1877	1992	1854
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.667	1.877	1.992	1.854

Suelo humedo + tara	gr.	479.00	379.50	397.55	407.00
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	25.70	22.20	35.45	39.90
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.70	8.06	12.54	13.75

<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.70	8.06	12.54	13.75
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.56	1.74	1.77	1.63



*Cesar José Avendaño Jimwallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-11

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 11**

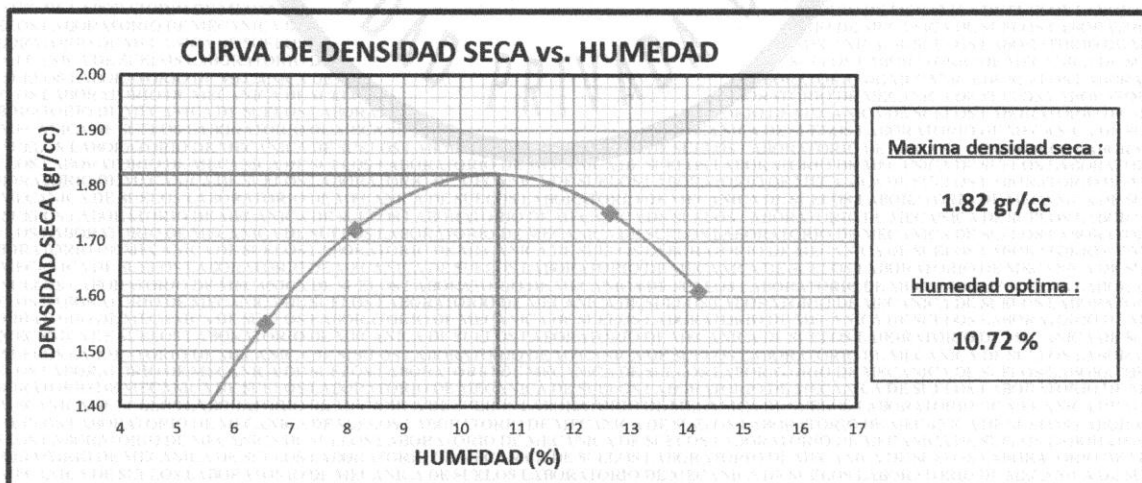
**Datos Tecnicos:**

<b>Molde Nº</b>	1	<b>Volumen</b>	1000 cc
<b>Nº de capas</b>	5	<b>Golpes/capa</b>	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5792	6002	6114	5979
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1652	1862	1974	1839
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.652	1.862	1.974	1.839

Suelo humedo + tara	gr.	478.40	379.70	397.85	408.32
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	25.10	22.40	35.75	41.22
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.55	8.14	12.64	14.21

<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.55	8.14	12.64	14.21
<b>Densidad del suelo seco</b>	gr/cc	1.55	1.72	1.75	1.61



*Ing. Cesar José Abendaño Jirullanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557 : METODO A**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-12

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 12**

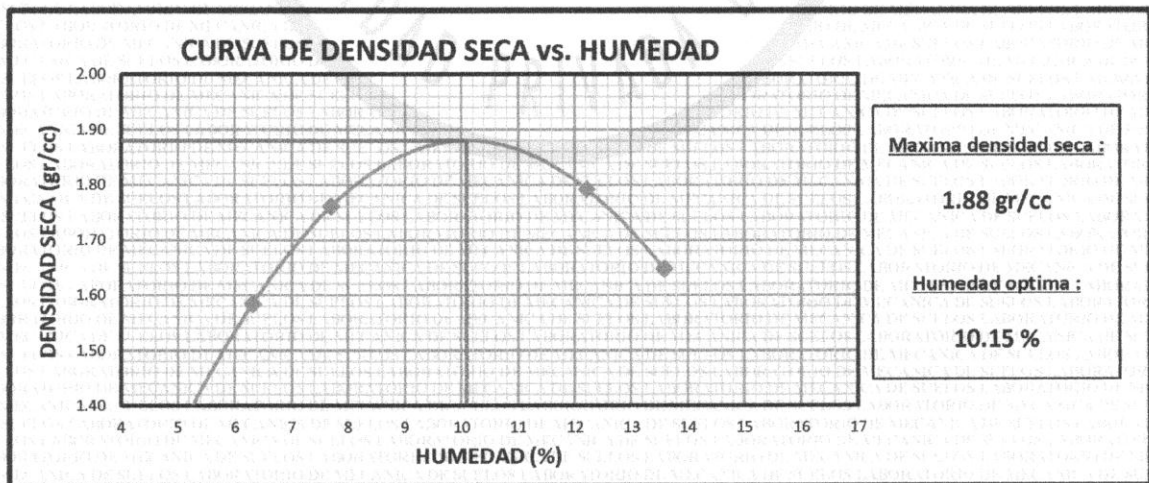
**Datos Tecnicos:**

Molde Nº	1	Volumen	1000 cc
Nº de capas	5	Golpes/capa	25

Descripcion	Und.	Recipiente 01	Recipiente 02	Recipiente 03	Recipiente 04
Peso suelo humedo + molde	gr.	5825	6037	6151	6012
Peso del molde	gr.	4140	4140	4140	4140
Peso del suelo humedo	gr/cc	1685	1897	2011	1872
Densidad del suelo humedo	gr/cc	1.685	1.897	2.011	1.872

Suelo humedo + tara	gr.	477.50	378.50	396.65	406.50
Peso del suelo seco + tara	gr.	453.30	357.30	362.10	367.10
Peso del agua	gr.	24.20	21.20	34.55	39.40
Peso de la tara	gr.	70.00	82.00	79.30	77.00
Peso del suelo seco	gr.	383.30	275.30	282.80	290.10
humedad	%	6.31	7.70	12.22	13.58

Promedio de Humedad	%	6.31	7.70	12.22	13.58
Densidad del suelo seco	gr/cc	1.58	1.76	1.79	1.65



*Cesar José Avendaño Jhuallanga*  
**Ing. Cesar José Avendaño Jhuallanga**  
**JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
**Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

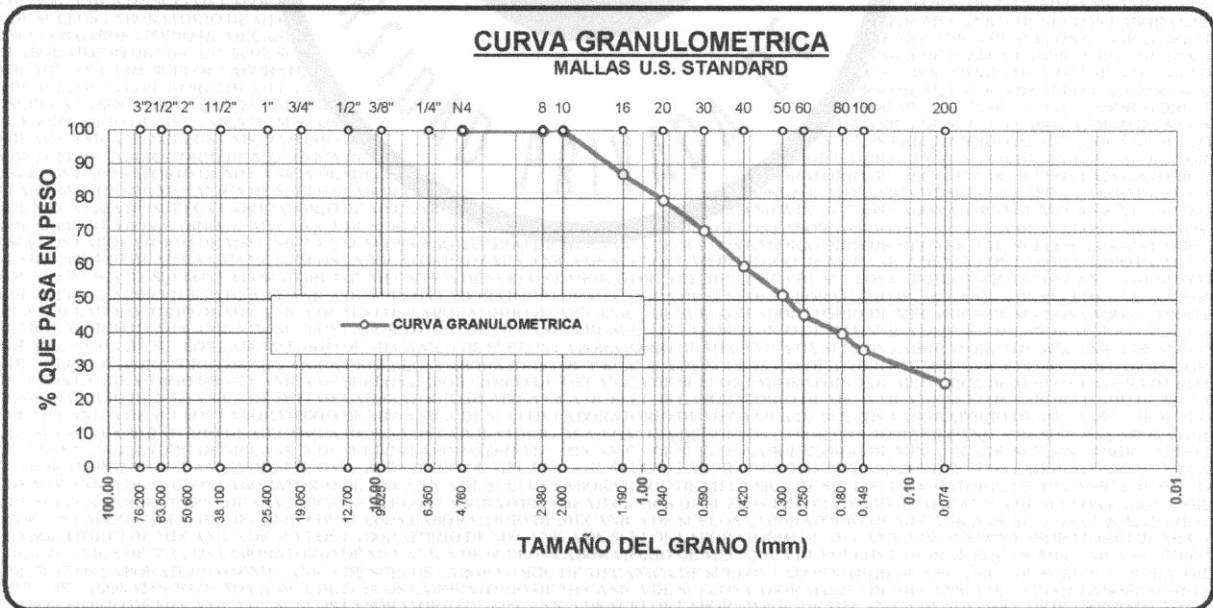
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 01</b></p> <p>Limites de consistencia :            LL : 22.11%            LP -----            IP -----</p> <p>Humedad natural : 4.23 %</p> <p>Clasificación:            SUCS : SM            AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:            Peso : 211.18 gr            Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b>            La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	0.21	0.10	0.10	99.90		
No10	2.000	0.23	0.11	0.21	99.79		
No16	1.190	26.69	12.64	12.85	87.15		
No20	0.840	16.10	7.62	20.47	79.53		
No30	0.590	19.20	9.09	29.56	70.44		
No40	0.420	22.12	10.47	40.04	59.96		
No 50	0.300	18.25	8.64	48.68	51.32		
No60	0.250	12.20	5.78	54.46	45.54		
No80	0.180	11.81	5.59	60.05	39.95		
No100	0.149	10.25	4.85	64.90	35.10		
No200	0.074	20.74	9.82	74.72	25.28		
<b>BASE</b>		53.38	25.28	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		211.18	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Ing. Cesar José Avendaño Jihualanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

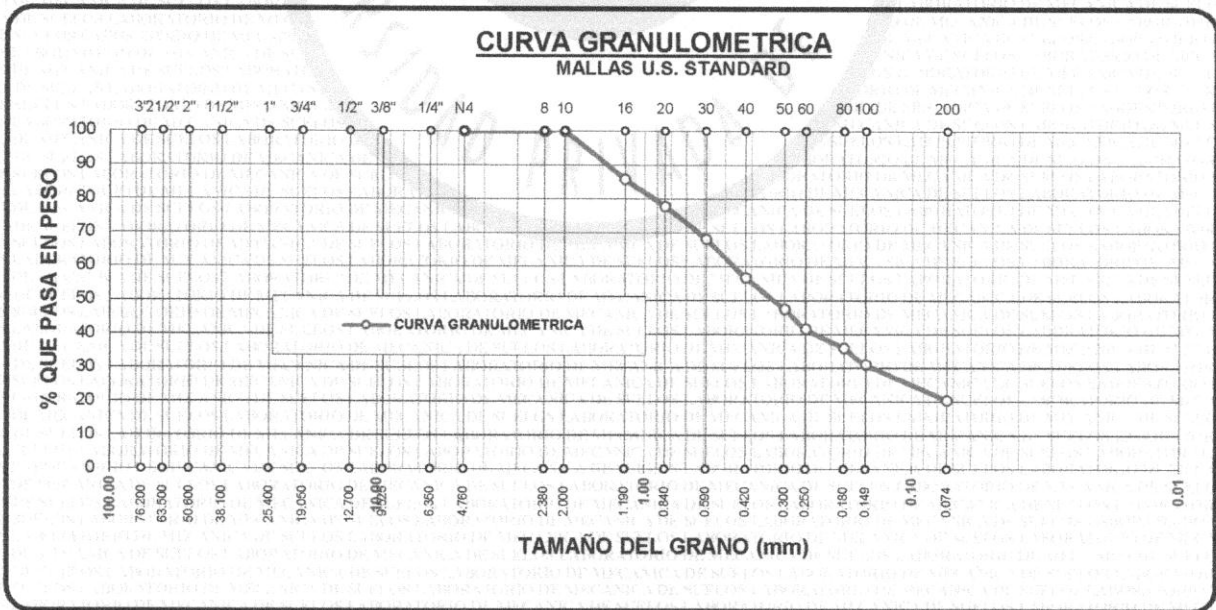
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-02

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 02</b></p> <p>Limites de consistencia :            LL : 21.91%            LP : -----            IP : -----</p> <p>Humedad natural : 4.48 %</p> <p>Clasificación:            SUCS : SM            AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:            Peso : 181.63 gr            Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b>            La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	0.18	0.10	0.10	99.90		
No10	2.000	0.12	0.07	0.17	99.83		
No16	1.190	25.22	13.89	14.05	85.95		
No20	0.840	14.63	8.05	22.11	77.89		
No30	0.590	17.73	9.76	31.87	68.13		
No40	0.420	20.65	11.37	43.24	56.76		
No 50	0.300	16.78	9.24	52.47	47.53		
No60	0.250	10.73	5.91	58.38	41.62		
No80	0.180	10.34	5.69	64.08	35.92		
No100	0.149	8.78	4.83	68.91	31.09		
No200	0.074	19.27	10.61	79.52	20.48		
<b>BASE</b>		37.20	20.48	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		181.63	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Ingeniero Cesar José Arendano Jihuallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

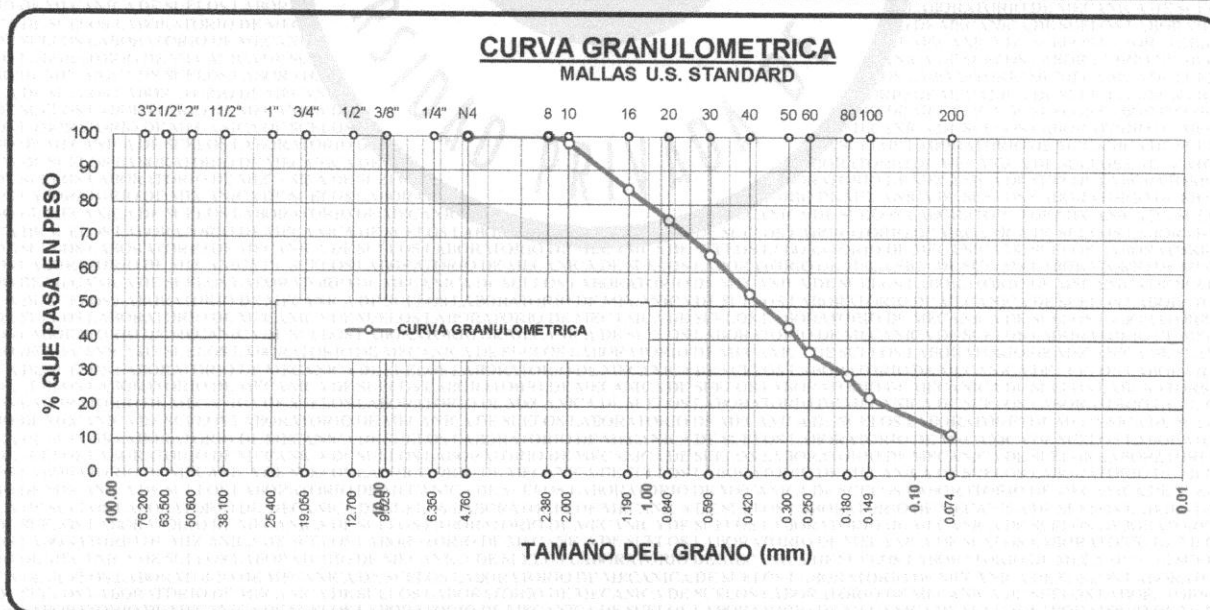
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>CALICATA N° 03</b>  Limites de consistencia : LL : 21.73% LP : ----- IP : -----  Humedad natural : 4.31 %  Clasificación: SUCS : SM AASHTO : A-2-4-(0)  Muestra: Peso : 229.37 gr Profundidad : 3.00 m  <b>OBSERVACIONES:</b>  La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	0.11	0.05	0.05	99.95		
No10	2.000	4.61	2.01	2.06	97.94		
No16	1.190	31.07	13.55	15.60	84.40		
No20	0.840	20.48	8.93	24.53	75.47		
No30	0.590	23.58	10.28	34.81	65.19		
No40	0.420	26.50	11.55	46.37	53.63		
No 50	0.300	22.63	9.87	56.23	43.77		
No60	0.250	16.58	7.23	63.46	36.54		
No80	0.180	16.19	7.06	70.52	29.48		
No100	0.149	14.63	6.38	76.90	23.10		
No200	0.074	25.12	10.95	87.85	12.15		
BASE		27.87	12.15	100.00	0.00		
TOTAL		229.37	100.00				
% PERDIDA							



*Ing. Cesar José Avendaño Jirullanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

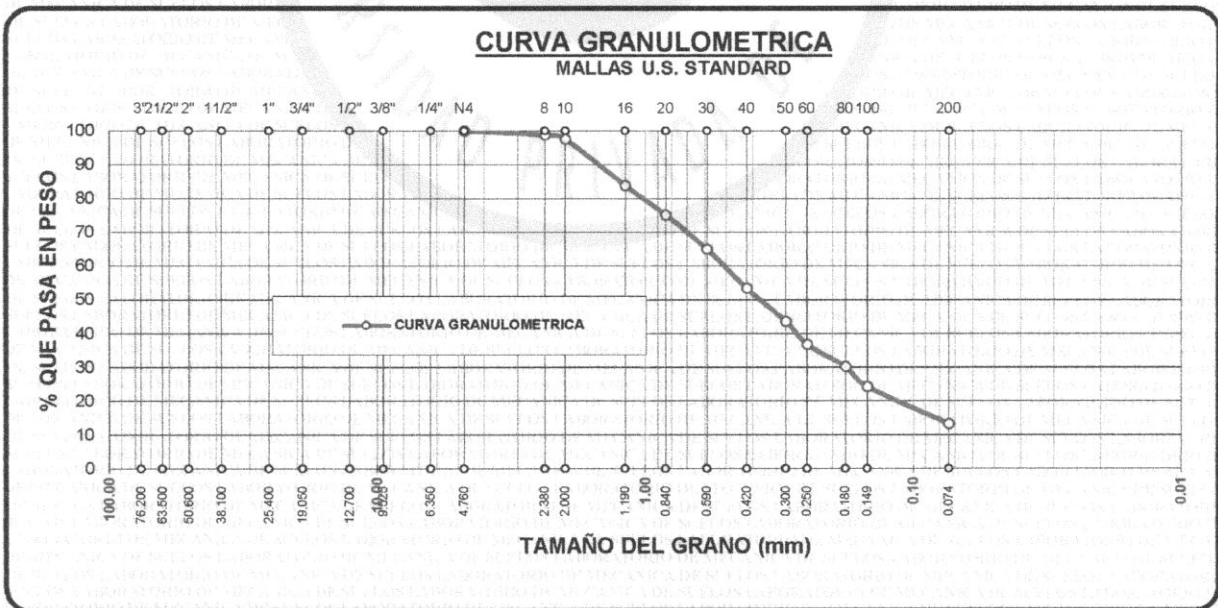
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-04

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 04</b></p> <p>Límites de consistencia :            LL : 24.76%            LP : -----            IP : -----</p> <p>Humedad natural : 4.10 %</p> <p>Clasificación:            SUCS : SM            AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:            Peso : 211.19 gr            Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p>La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	2.50	1.18	1.18	98.82		
No10	2.000	2.52	1.19	2.38	97.62		
No16	1.190	28.98	13.72	16.10	83.90		
No20	0.840	18.39	8.71	24.81	75.19		
No30	0.590	21.49	10.18	34.98	65.02		
No40	0.420	24.41	11.56	46.54	53.46		
No 50	0.300	20.54	9.73	56.27	43.73		
No60	0.250	14.49	6.86	63.13	36.87		
No80	0.180	14.10	6.68	69.80	30.20		
No100	0.149	12.54	5.94	75.74	24.26		
No200	0.074	23.03	10.90	86.65	13.35		
<b>BASE</b>		28.20	13.35	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		211.19	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Ing. Cesar José Arandaño Jhuallanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

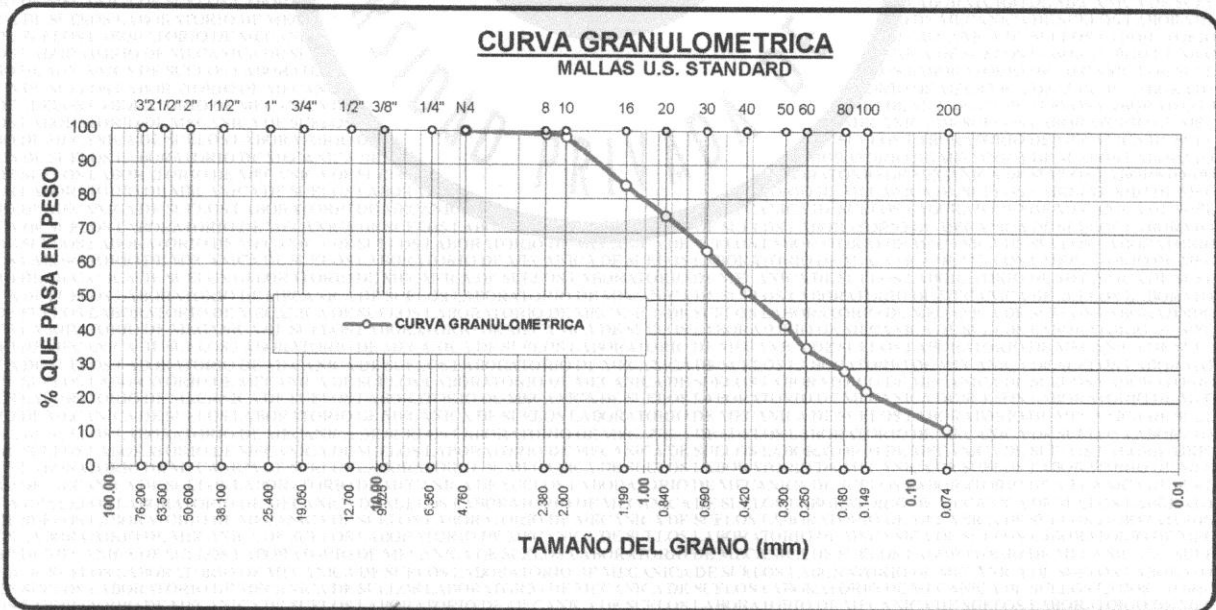
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-05

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 05</b></p> <p>Limites de consistencia :            LL : 24.09%            LP : -----            IP : -----</p> <p>Humedad natural : 4.26 %</p> <p>Clasificación:            SUCS : SM            AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:            Peso : 200.19 gr            Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b>            La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	1.87	0.93	0.93	99.07		
No10	2.000	1.89	0.94	1.88	98.12		
No16	1.190	28.35	14.16	16.04	83.96		
No20	0.840	17.76	8.87	24.91	75.09		
No30	0.590	20.86	10.42	35.33	64.67		
No40	0.420	23.78	11.88	47.21	52.79		
No 50	0.300	19.91	9.95	57.16	42.84		
No60	0.250	13.86	6.92	64.08	35.92		
No80	0.180	13.47	6.73	70.81	29.19		
No100	0.149	11.91	5.95	76.76	23.24		
No200	0.074	22.40	11.19	87.95	12.05		
<b>BASE</b>		24.13	12.05	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		200.19	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Ing. Cesar José Avendaño Jihuallanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

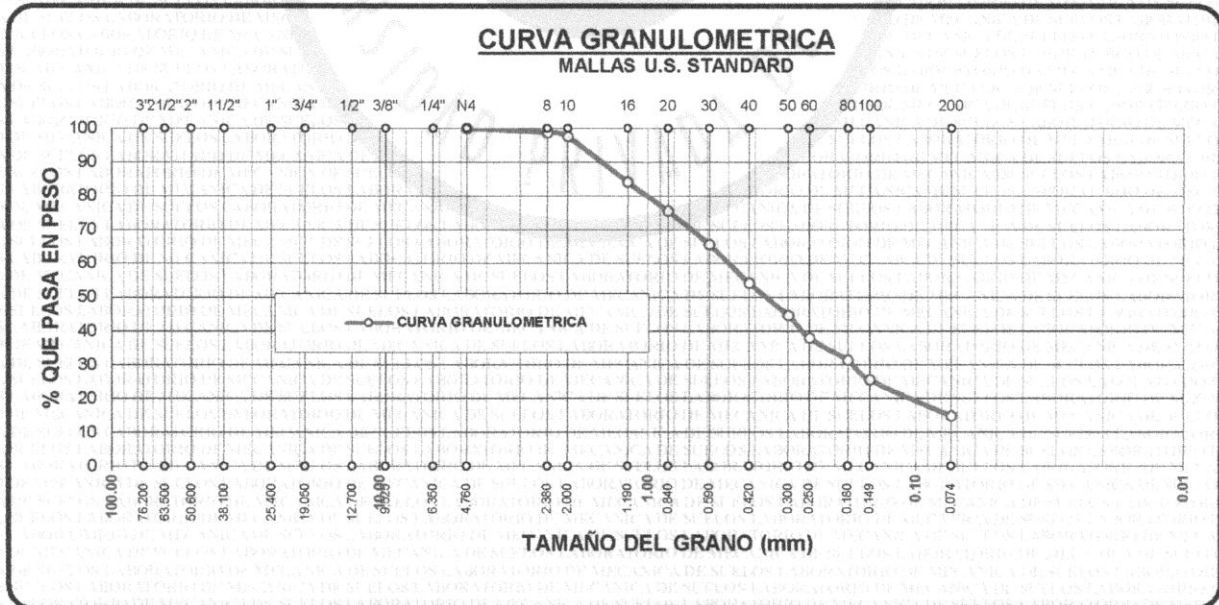
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-06

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>CALICATA N° 06</b>  Limites de consistencia : LL : 22.58% LP ----- IP -----  Humedad natural : 4.23 %  Clasificación: SUCS : SM AASHTO : A-2-4-(0)  Muestra: Peso : 216.66 gr Profundidad : 3.00 m  <b>OBSERVACIONES:</b>  La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	2.64	1.22	1.22	98.78		
No10	2.000	2.66	1.23	2.45	97.55		
No16	1.190	29.12	13.44	15.89	84.11		
No20	0.840	18.53	8.55	24.44	75.56		
No30	0.590	21.63	9.98	34.42	65.58		
No40	0.420	24.55	11.33	45.75	54.25		
No 50	0.300	20.68	9.54	55.30	44.70		
No60	0.250	14.63	6.75	62.05	37.95		
No80	0.180	14.24	6.57	68.62	31.38		
No100	0.149	12.68	5.85	74.48	25.52		
No200	0.074	23.17	10.69	85.17	14.83		
<b>BASE</b>		32.13	14.83	100.00	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		216.66	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Cesar José Avendaño Jitullanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

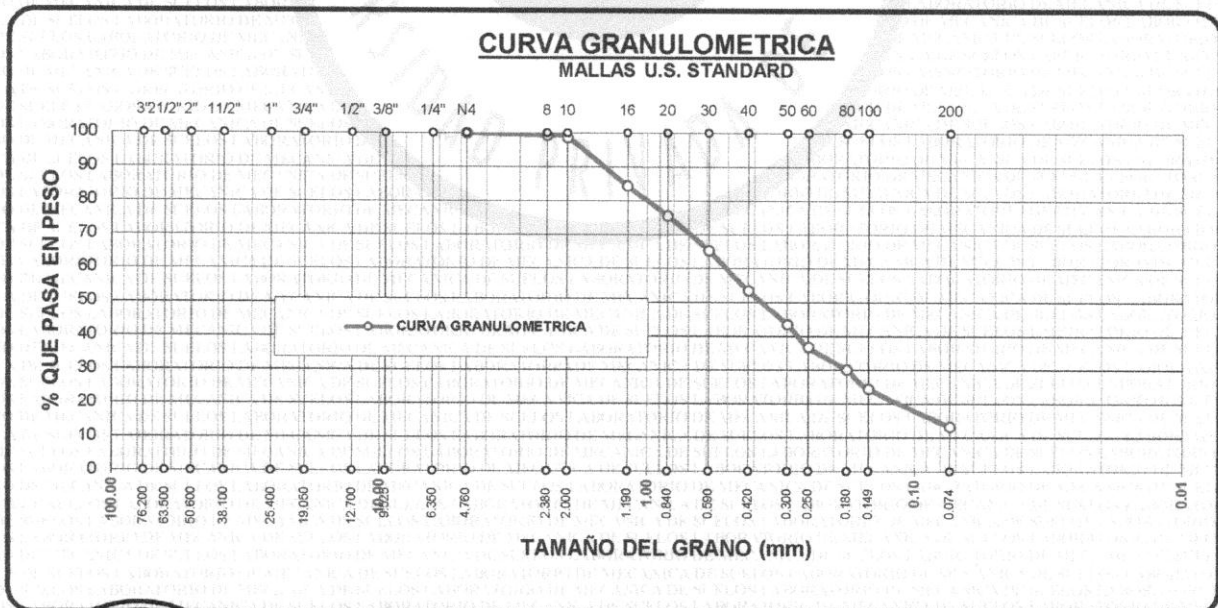
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-07

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 07</b></p> <p>Limites de consistencia :            LL : 22.31%            LP : -----            IP : -----</p> <p>Humedad natural : 4.42 %</p> <p>Clasificación:            SUCS : SM            AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:            Peso : 195.95 gr            Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p>La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	1.32	0.67	0.67	99.33		
No10	2.000	1.34	0.68	1.36	98.64		
No16	1.190	27.80	14.19	15.54	84.46		
No20	0.840	17.21	8.78	24.33	75.67		
No30	0.590	20.31	10.36	34.69	65.31		
No40	0.420	23.23	11.86	46.55	53.45		
No 50	0.300	19.36	9.88	56.43	43.57		
No60	0.250	13.31	6.79	63.22	36.78		
No80	0.180	12.92	6.59	69.81	30.19		
No100	0.149	11.36	5.80	75.61	24.39		
No200	0.074	21.85	11.15	86.76	13.24		
<b>BASE</b>		25.94	13.24	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		195.95	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Cesar José Avendaño Jimallanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

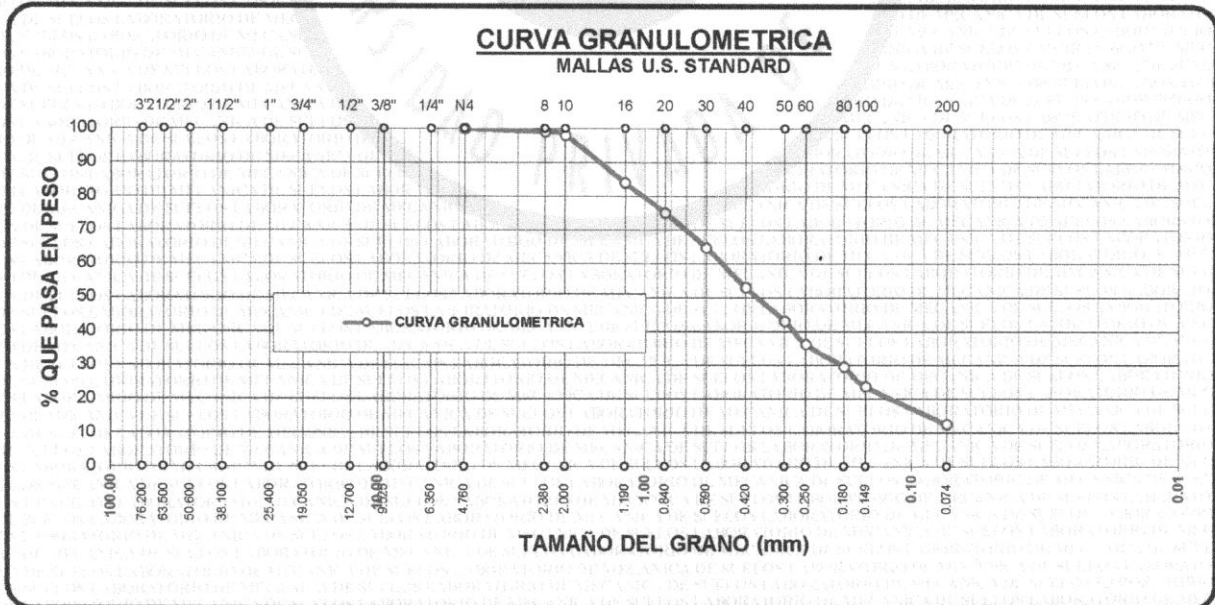
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-08

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 08</b></p> <p>Limites de consistencia :            LL : 20.27 %            LP -----            IP -----</p> <p>Humedad natural : 4.13 %</p> <p>Clasificación:            SUCS : SM            AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:            Peso : 202.03 gr            Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p>La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	1.93	0.96	0.96	99.04		
No10	2.000	1.95	0.97	1.92	98.08		
No16	1.190	28.41	14.06	15.98	84.02		
No20	0.840	17.82	8.82	24.80	75.20		
No30	0.590	20.92	10.35	35.16	64.84		
No40	0.420	23.84	11.80	46.96	53.04		
No 50	0.300	19.97	9.88	56.84	43.16		
No60	0.250	13.92	6.89	63.73	36.27		
No80	0.180	13.53	6.70	70.43	29.57		
No100	0.149	11.97	5.92	76.35	23.65		
No200	0.074	22.46	11.12	87.47	12.53		
<b>BASE</b>		25.31	12.53	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		202.03	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Ing. Cesar José Arendano Jiravallanga*  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

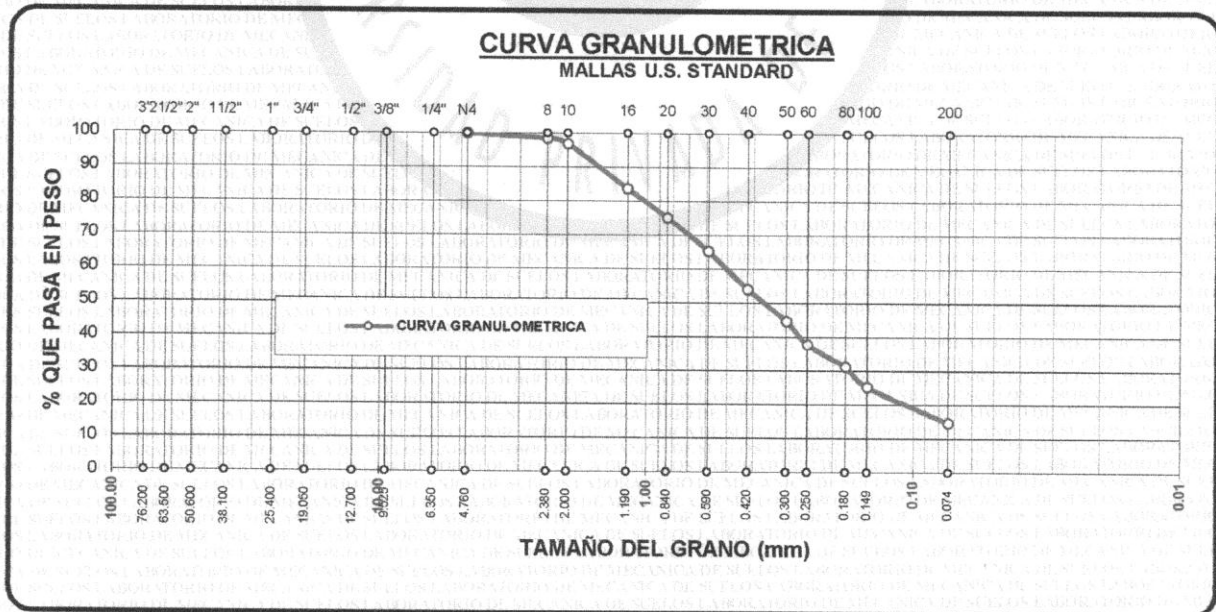
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-09

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 09</b></p> <p>Limites de consistencia :</p> <p>LL : 19.11 %</p> <p>LP : -----</p> <p>IP : -----</p> <p>Humedad natural : 4.37 %</p> <p>Clasificación:</p> <p>SUCS : SM</p> <p>AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:</p> <p>Peso : 227.38 gr</p> <p>Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p>La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	3.50	1.54	1.54	98.46		
No10	2.000	3.52	1.55	3.09	96.91		
No16	1.190	29.98	13.18	16.27	83.73		
No20	0.840	19.39	8.53	24.80	75.20		
No30	0.590	22.49	9.89	34.69	65.31		
No40	0.420	25.41	11.18	45.87	54.13		
No 50	0.300	21.54	9.47	55.34	44.66		
No60	0.250	15.49	6.81	62.15	37.85		
No80	0.180	15.10	6.64	68.79	31.21		
No100	0.149	13.54	5.95	74.75	25.25		
No200	0.074	24.03	10.57	85.32	14.68		
<b>BASE</b>		33.39	14.68	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		227.38	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Cesar José Avendaño Jimallanga*  
**Ing. Cesar José Avendaño Jimallanga**  
**JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
**Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

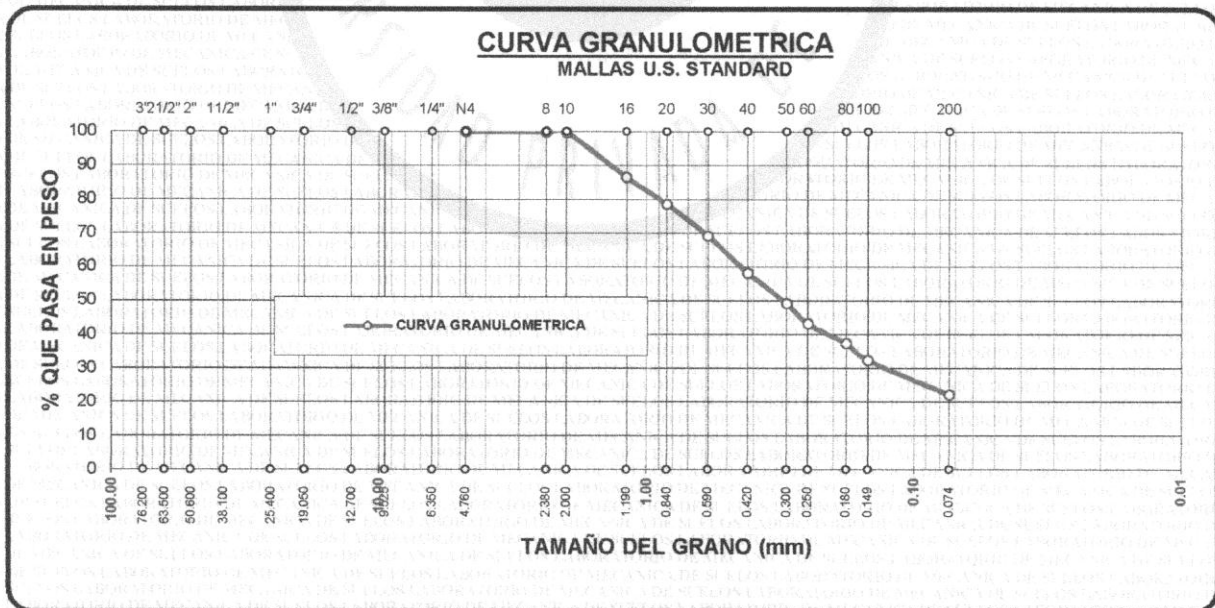
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-10

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 10</b></p> <p>Limites de consistencia :            LL : 20.99 %            LP : -----            IP : -----</p> <p>Humedad natural : 4.04 %</p> <p>Clasificación:            SUCS : SM            AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:            Peso : 202.66 gr            Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b>            La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	0.21	0.10	0.10	99.90		
No10	2.000	0.23	0.11	0.22	99.78		
No16	1.190	26.69	13.17	13.39	86.61		
No20	0.840	16.10	7.94	21.33	78.67		
No30	0.590	19.20	9.47	30.81	69.19		
No40	0.420	22.12	10.91	41.72	58.28		
No 50	0.300	18.25	9.01	50.73	49.27		
No60	0.250	12.20	6.02	56.75	43.25		
No80	0.180	11.81	5.83	62.57	37.43		
No100	0.149	10.25	5.06	67.63	32.37		
No200	0.074	20.74	10.23	77.86	22.14		
<b>BASE</b>		44.86	22.14	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		202.66	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Cesar José Avendaño Jibullanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

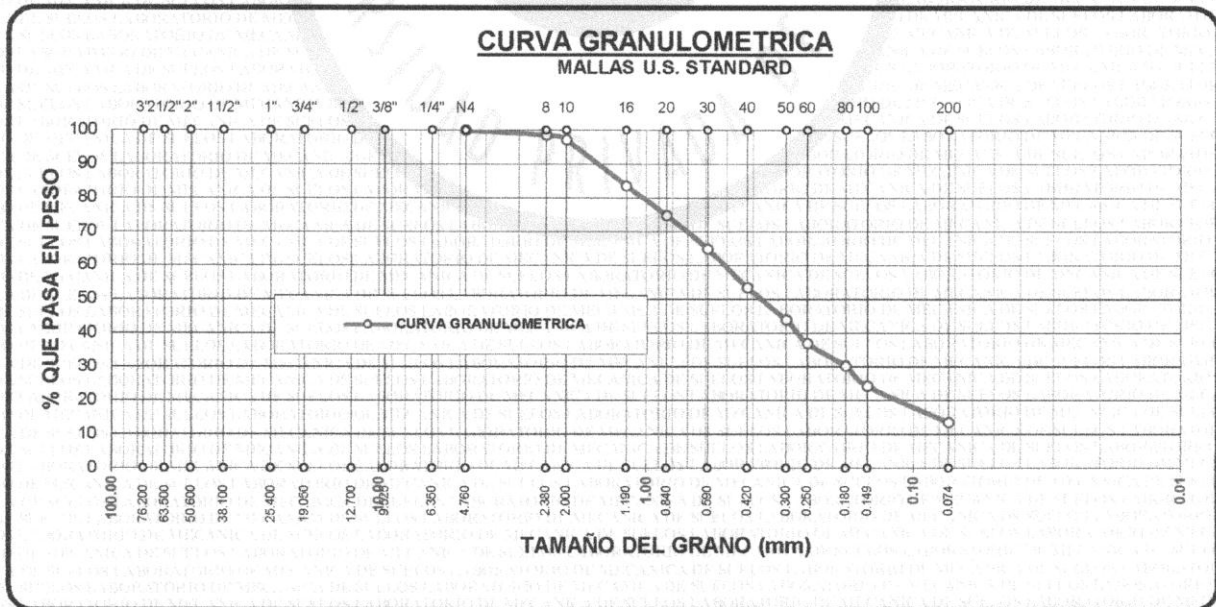
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-11

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 11</b></p> <p>Limites de consistencia :</p> <p>LL : 23.74 %</p> <p>LP : -----</p> <p>IP : -----</p> <p>Humedad natural : 4.15 %</p> <p>Clasificación:</p> <p>SUCS : SM</p> <p>AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:</p> <p>Peso : 220.50 gr</p> <p>Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p>La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	3.20	1.45	1.45	98.55		
No10	2.000	3.22	1.46	2.91	97.09		
No16	1.190	29.68	13.46	16.37	83.63		
No20	0.840	19.09	8.66	25.03	74.97		
No30	0.590	22.19	10.06	35.09	64.91		
No40	0.420	25.11	11.39	46.48	53.52		
No 50	0.300	21.24	9.63	56.11	43.89		
No60	0.250	15.19	6.89	63.00	37.00		
No80	0.180	14.80	6.71	69.71	30.29		
No100	0.149	13.24	6.00	75.72	24.28		
No200	0.074	23.73	10.76	86.48	13.52		
<b>BASE</b>		29.81	13.52	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		220.50	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Cesar José Avendaño Jhuallanga*  
**Ing. Cesar José Avendaño Jhuallanga**  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTÍNEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
**Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRANULOMETRIA**

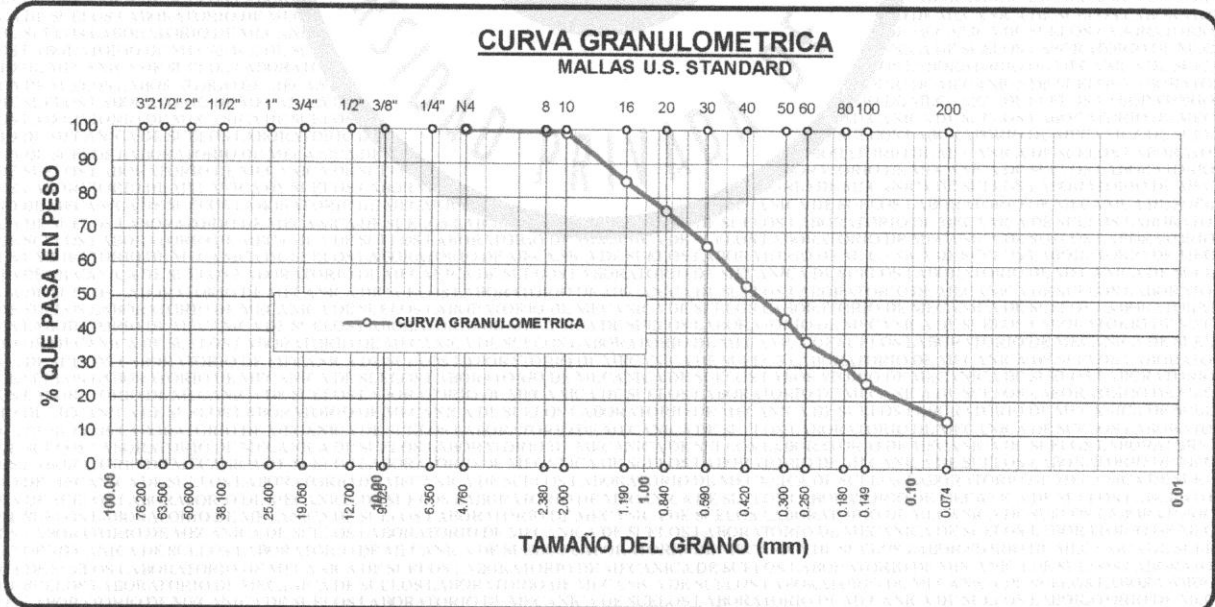
**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-12

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<p align="center"><b>CALICATA N° 12</b></p> <p>Limites de consistencia :</p> <p>LL : 24.11 %</p> <p>LP -----</p> <p>IP -----</p> <p>Humedad natural : 4.25 %</p> <p>Clasificación:</p> <p>SUCS : SM</p> <p>AASHTO : A-2-4-(0)</p> <p>Muestra:</p> <p>Peso : 193.41 gr</p> <p>Profundidad : 3.00 m</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p>La muestra corresponde al estrato del fondo de la calicata de 3 m de profundidad.</p>
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380	0.95	0.49	0.49	99.51		
No10	2.000	0.97	0.50	0.99	99.01		
No16	1.190	27.43	14.18	15.18	84.82		
No20	0.840	16.84	8.71	23.88	76.12		
No30	0.590	19.94	10.31	34.19	65.81		
No40	0.420	22.86	11.82	46.01	53.99		
No 50	0.300	18.99	9.82	55.83	44.17		
No60	0.250	12.94	6.69	62.52	37.48		
No80	0.180	12.55	6.49	69.01	30.99		
No100	0.149	10.99	5.68	74.69	25.31		
No200	0.074	21.48	11.11	85.80	14.20		
<b>BASE</b>		27.47	14.20	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		193.41	100.00				
<b>% PERDIDA</b>							



*Cesar José Arandaño Jibualanga*  
**Ing. Cesar José Arandaño Jibualanga**  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
**Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

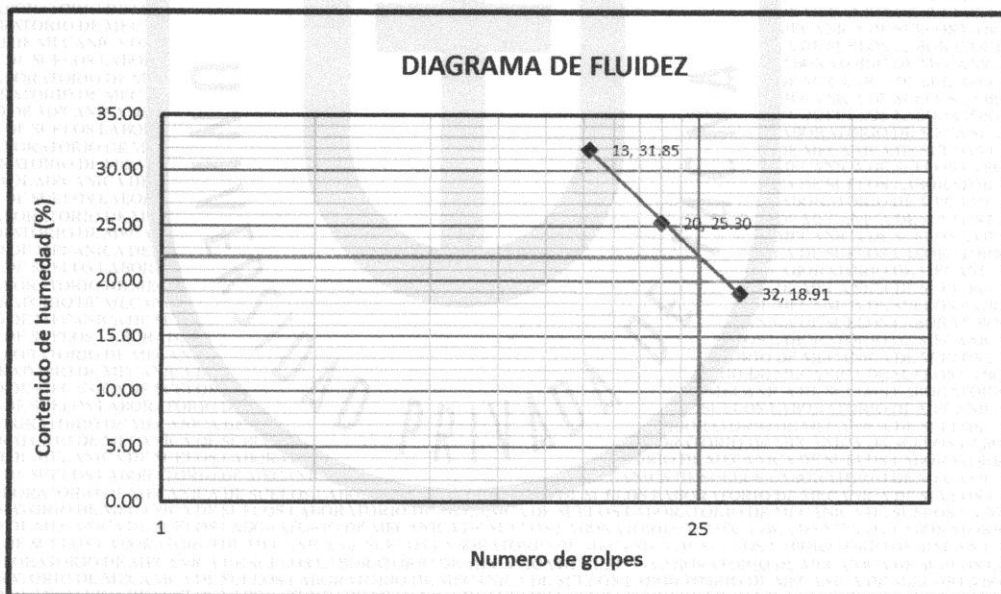
**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 01**

Descripcion	Und.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	1	2	3
Frasco Nº	-	1	2	3	1	2	3
Nº de golpes	-	13	20	32			
Peso del frasco + suelo humedo	gr	52.65	50.59	60.77			
Peso del frasco + suelo seco	gr	48.7	47.2	57.8			
Peso del agua	gr	3.95	3.39	2.97			
Peso del frasco	gr	36.3	33.8	42.1			
Peso del suelo seco	gr	12.4	13.4	15.7			
Contenido de humedad	%	31.85	25.30	18.91	---	---	---



Por tanto :                      Limite plastico:        ---  
    Indice plastico:        ---

**Limite liquido:        22.11 %**



*Ing. Cesar José Arendano Jhuallanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos





**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

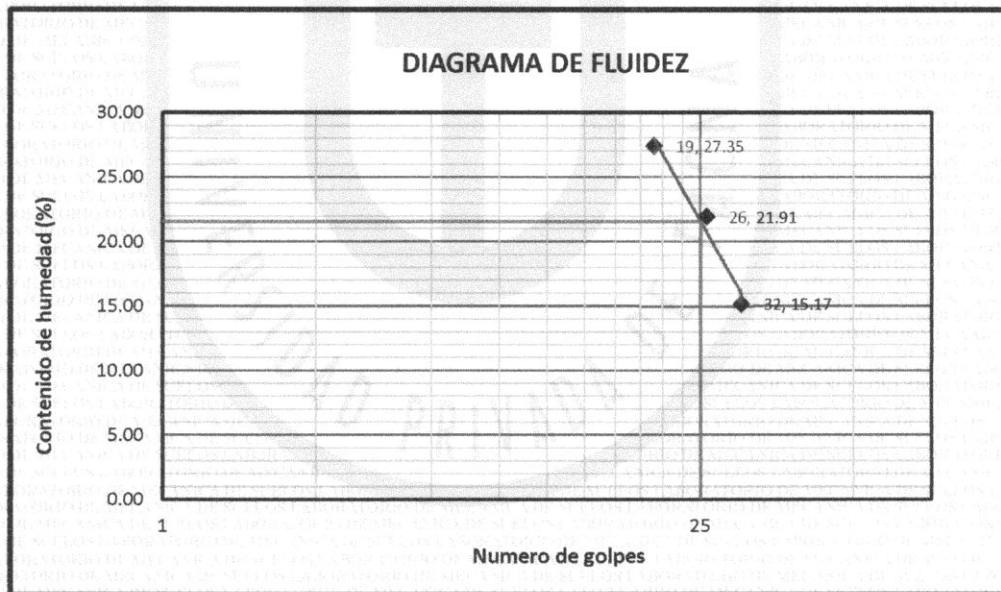
**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 03**

Descripción	Und.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	1	2	3
Frasco Nº	-	1	2	3			
Nº de golpes	-	19	26	32			
Peso del frasco + suelo humedo	gr	48.3	53.91	54.34			
Peso del frasco + suelo seco	gr	45.1	50.6	51.7			
Peso del agua	gr	3.2	3.31	2.64			
Peso del frasco	gr	33.4	35.5	34.3			
Peso del suelo seco	gr	11.7	15.1	17.4			
Contenido de humedad	%	27.35	21.91	15.17	---	---	---



Por tanto :                      Limite plastico:        ---  
     Indice plastico:        ---

**Limite liquido:        21.73    %**



*Ing. Cesar José Avendaño Jhuallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



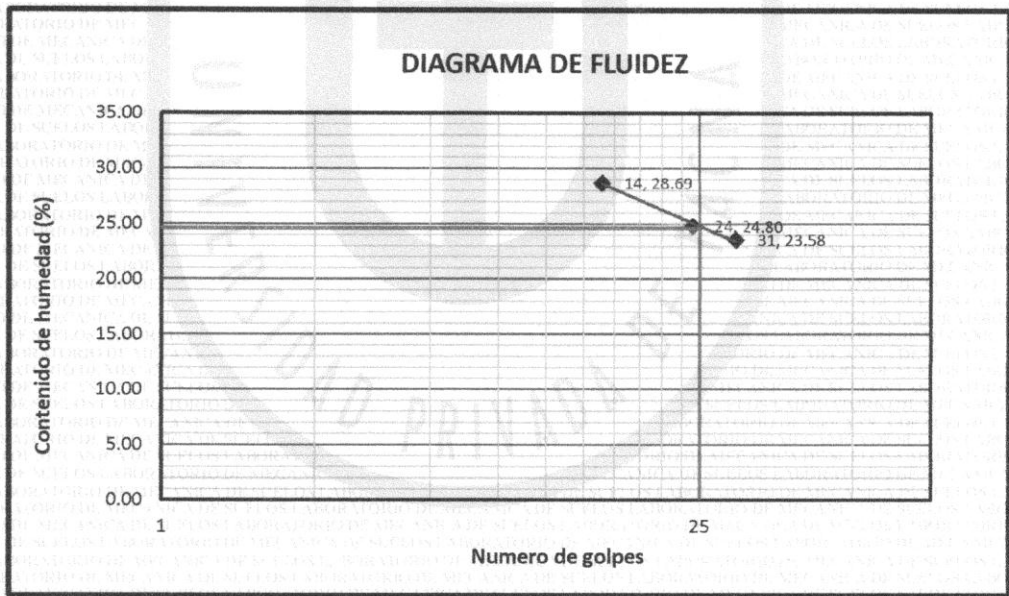
**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"  
**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA  
**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-04  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA Nº 04**

Descripcion	Und.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	1	2	3
Frasco Nº	-	1	2	3			
Nº de golpes	-	14	24	31			
Peso del frasco + suelo humedo	gr	48.23	45.03	49.84			
Peso del frasco + suelo seco	gr	44.3	42.6	45.5			
Peso del agua	gr	3.93	2.43	4.34			
Peso del frasco	gr	30.6	32.8	27.1			
Peso del suelo seco	gr	13.7	9.8	18.4			
Contenido de humedad	%	28.69	24.80	23.58	---	---	---



Por tanto :                      Limite plastico:     ---  
     Indice plastico:     ---

**Limite liquido:     24.76     %**



*[Signature]*  
**Ing. Cesar José Avendaño Jihuallanga**  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*[Signature]*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
**Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

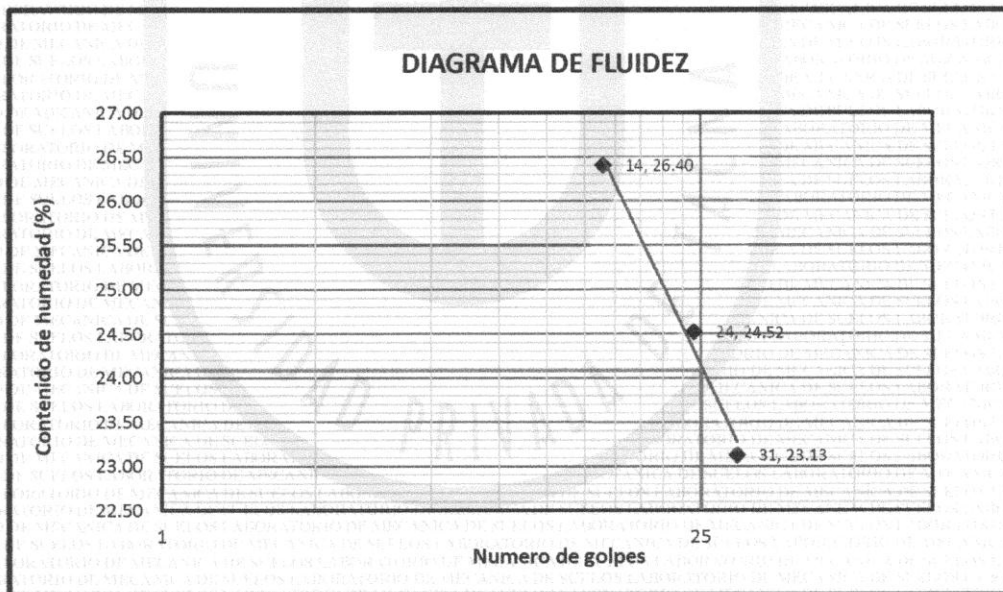
**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-05

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**CALICATA N° 05**

Descripcion	Und.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	1	2	3
Frasco N°	-	1	2	3			
N° de golpes	-	14	24	31			
Peso del frasco + suelo humedo	gr	45.99	47.16	59.12			
Peso del frasco + suelo seco	gr	42.4	45.1	53.5			
Peso del agua	gr	3.59	2.06	5.62			
Peso del frasco	gr	28.8	36.7	29.2			
Peso del suelo seco	gr	13.6	8.4	24.3			
Contenido de humedad	%	26.40	24.52	23.13	---	---	---



Por tanto :                      Limite plastico:        ---  
     Indice plastico:        ---

**Limite liquido:        24.09 %**



*Ing. Cesar José Avendaño Jhuallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos

















**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**HUMEDAD NATURAL**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01 A C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA N° 01			
Descripcion	Und.	Recipiente N° 01	Recipiente N° 02
Peso del recipiente	gr.	91	105
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	591	610
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	571	589
Peso del agua	gr.	20	21
Peso de la muestra seca neta	gr.	480	484
Porcentaje de humedad	%	4.12	4.34
Promedio	%	<b>4.23</b>	

CALICATA N° 02			
Descripcion	Und.	Recipiente N° 01	Recipiente N° 02
Peso del recipiente	gr.	135	136
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	701	686
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	679	660
Peso del agua	gr.	22	26
Peso de la muestra seca neta	gr.	544	524
Porcentaje de humedad	%	4.00	4.96
Promedio	%	<b>4.48</b>	

CALICATA N° 03			
Descripcion	Und.	Recipiente N° 01	Recipiente N° 02
Peso del recipiente	gr.	128	93
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	719	618
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	693	598
Peso del agua	gr.	26	20
Peso de la muestra seca neta	gr.	565	505
Porcentaje de humedad	%	4.66	3.96
Promedio	%	<b>4.31</b>	



*Ing. Cesar José Avendaño Jihwallanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**HUMEDAD NATURAL**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-04 A C-06

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA Nº 04			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	111	97
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	676	623
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	651	605
Peso del agua	gr.	25	18
Peso de la muestra seca neta	gr.	540	508
Porcentaje de humedad	%	4.66	3.54
Promedio	%	4.10	

CALICATA Nº 05			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	88	143
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	608	686
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	589	661
Peso del agua	gr.	19	25
Peso de la muestra seca neta	gr.	501	518
Porcentaje de humedad	%	3.69	4.83
Promedio	%	4.26	

CALICATA Nº 06			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	90	85
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	656	627
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	630	608
Peso del agua	gr.	26	19
Peso de la muestra seca neta	gr.	540	523
Porcentaje de humedad	%	4.83	3.63
Promedio	%	4.23	



*Cesar José Avendaño Jhuallanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**HUMEDAD NATURAL**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-07 A C-09

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA Nº 07			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	86	143
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	655	735
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	631	710
Peso del agua	gr.	24	25
Peso de la muestra seca neta	gr.	545	567
Porcentaje de humedad	%	4.43	4.41
Promedio	%	4.42	

CALICATA Nº 08			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	138	85
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	737	656
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	717	630
Peso del agua	gr.	20	26
Peso de la muestra seca neta	gr.	579	545
Porcentaje de humedad	%	3.49	4.77
Promedio	%	4.13	

CALICATA Nº 09			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	137	140
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	662	714
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	638	692
Peso del agua	gr.	24	22
Peso de la muestra seca neta	gr.	501	552
Porcentaje de humedad	%	4.75	3.99
Promedio	%	4.37	



*Cesar José Avendaño Jirualanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**HUMEDAD NATURAL**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-10 A C-12

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA Nº 10			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	93	139
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	627	735
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	606	712
Peso del agua	gr.	21	23
Peso de la muestra seca neta	gr.	513	573
Porcentaje de humedad	%	4.07	4.01
Promedio	%	4.04	

CALICATA Nº 11			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	125	90
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	642	686
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	622	661
Peso del agua	gr.	20	25
Peso de la muestra seca neta	gr.	497	571
Porcentaje de humedad	%	3.92	4.38
Promedio	%	4.15	

CALICATA Nº 12			
Descripcion	Und.	Recipiente Nº 01	Recipiente Nº 02
Peso del recipiente	gr.	116	108
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	700	665
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	675	643
Peso del agua	gr.	25	22
Peso de la muestra seca neta	gr.	559	535
Porcentaje de humedad	%	4.39	4.11
Promedio	%	4.25	



*Cesar José Arandaño Jihualanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 01**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm)	6	Sobre carga	(gr) 503.50
Altura	(cm)	2	Peso de Muestra	(gr) 112.82
Densidad Natural	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	Carga Adicionada	(kg) 18.00
Area	(cm <sup>2</sup> )	36	Relacion de Carga	0.50
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	72	Carga Normal Total	(kg) 18.50
Peso	(gr)	114.82	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm <sup>2</sup> ) 0.50

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	146.92	Natural	si
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	142.61	Compactado	no
P. de Tara	(gr)	37.4	Humedad Natural	4.23%
Contenido de Humedad	(%)	4.10%	Clasificacion	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-6.00	-0.0006	3.82	0.39	0.01	0.02
10	0.10	-8.00	-0.0008	7.73	0.79	0.02	0.04
15	0.15	-10.00	-0.0010	11.46	1.17	0.03	0.06
20	0.20	-12.00	-0.0012	15.34	1.56	0.04	0.09
30	0.30	-15.00	-0.0015	18.96	1.93	0.05	0.11
40	0.40	-13.00	-0.0013	25.64	2.61	0.07	0.15
50	0.50	-10.00	-0.0010	31.50	3.21	0.09	0.18
65	0.65	-8.00	-0.0008	38.21	3.90	0.11	0.22
80	0.80	-8.00	-0.0008	41.38	4.22	0.12	0.23
100	1.00	-4.00	-0.0004	49.63	5.06	0.14	0.28
120	1.20	8.00	0.0008	56.78	5.79	0.16	0.32
140	1.40	18.00	0.0018	61.27	6.25	0.17	0.35
160	1.60	25.00	0.0025	63.28	6.45	0.18	0.36
180	1.80	38.00	0.0038	64.41	6.57	0.18	0.36
200	2.00	42.00	0.0042	66.86	6.82	0.19	0.38
220	2.20	56.00	0.0056	68.59	6.99	0.19	0.39
240	2.40	58.00	0.0058	70.48	7.19	0.20	0.40
260	2.60	68.00	0.0068	65.44	6.67	0.19	0.37
280	2.80	69.00	0.0069	70.24	7.16	0.20	0.40
300	3.00	69.00	0.0069	68.02	6.94	0.19	0.39
320	3.20	69.00	0.0069	65.99	6.73	0.19	0.37
340	3.40	70.00	0.0070	65.72	6.70	0.19	0.37
360	3.60	70.00	0.0070	71.36	7.28	0.20	0.40
380	3.80	70.00	0.0070	71.08	7.25	0.20	0.40
400	4.00	70.00	0.0070	74.32	7.58	0.21	0.42
420	4.20	69.00	0.0069	72.25	7.37	0.20	0.41
440	4.40	69.00	0.0069	72.68	7.41	0.21	0.41
460	4.60	69.00	0.0069	71.83	7.32	0.20	0.41
480	4.80	69.00	0.0069	70.61	7.20	0.20	0.40
500	5.00	69.00	0.0069	73.50	7.50	0.21	0.42



*Cesar José Avendaño Jibualanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 02**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm)	6	Sobre carga	(gr) 503.50
Altura	(cm)	2	Peso de Muestra	(gr) 113.04
Densidad Natural	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	Carga Adicionada	(kg) 36.00
Area	(cm <sup>2</sup> )	36	Relacion de Carga	1.00
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	72	Carga Normal Total	(kg) 36.50
Peso	(gr)	114.82	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm <sup>2</sup> ) 1.00

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL			TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	139.82	Natural	si
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	135.66	Compactado	no
P. de Tara	(gr)	32.3	Humedad Natural	4.23%
Contenido de Humedad	(%)	4.02%	Clasificacion	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-14.00	-0.0014	12.23	1.25	0.03	0.03
10	0.10	-6.00	-0.0006	25.86	2.64	0.07	0.07
15	0.15	-18.00	-0.0018	36.74	3.75	0.10	0.10
20	0.20	-20.00	-0.0020	47.61	4.85	0.13	0.13
30	0.30	-22.00	-0.0022	64.69	6.60	0.18	0.18
40	0.40	-24.00	-0.0024	81.27	8.29	0.23	0.23
50	0.50	-26.00	-0.0026	98.85	10.08	0.28	0.28
65	0.65	-26.00	-0.0026	107.34	10.95	0.30	0.30
80	0.80	-22.00	-0.0022	116.86	11.92	0.33	0.33
100	1.00	-20.00	-0.0020	128.63	13.12	0.36	0.36
120	1.20	-16.00	-0.0016	134.52	13.72	0.38	0.38
140	1.40	-13.00	-0.0013	142.75	14.56	0.40	0.40
160	1.60	-10.00	-0.0010	148.40	15.13	0.42	0.42
180	1.80	-8.00	-0.0008	155.29	15.84	0.44	0.44
200	2.00	-4.00	-0.0004	163.95	16.72	0.46	0.46
220	2.20	10.00	0.0010	164.22	16.75	0.47	0.47
240	2.40	14.00	0.0014	165.91	16.92	0.47	0.47
260	2.60	18.00	0.0018	165.33	16.86	0.47	0.47
280	2.80	24.00	0.0024	164.61	16.79	0.47	0.47
300	3.00	28.00	0.0028	163.39	16.66	0.46	0.46
320	3.20	32.00	0.0032	166.10	16.94	0.47	0.47
340	3.40	34.00	0.0034	169.53	17.29	0.48	0.48
360	3.60	34.00	0.0034	173.60	17.70	0.49	0.49
380	3.80	34.00	0.0034	168.79	17.21	0.48	0.48
400	4.00	34.00	0.0034	173.15	17.66	0.49	0.49
420	4.20	38.00	0.0038	170.43	17.38	0.48	0.48
440	4.40	38.00	0.0038	170.77	17.41	0.48	0.48
460	4.60	38.00	0.0038	176.52	18.00	0.50	0.50
480	4.80	42.00	0.0042	176.36	17.98	0.50	0.50
500	5.00	42.00	0.0042	177.72	18.12	0.503	0.50



*Ing. Cesar José Avendaño Jimallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTÍNEZ LLANQUI**  
**TÉC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 03**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm)	6	Sobre carga	(gr) 503.50
Altura	(cm)	2	Peso de Muestra	(gr) 113.04
Densidad Natural	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	Carga Adicionada	(kg) 54.00
Area	(cm <sup>2</sup> )	36	Relacion de Carga	1.50
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	72	Carga Normal Total	(kg) 54.50
Peso	(gr)	114.82	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm <sup>2</sup> ) 1.51

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	136.42	Natural	si
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	132.37	Compactado	no
P. de Tara	(gr)	32.9	Humedad Natural	4.23%
Contenido de Humedad	(%)	4.07%	Clasificacion	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-16.00	-0.0016	18.60	1.90	0.05	0.03
10	0.10	-16.00	-0.0016	36.49	3.72	0.10	0.07
15	0.15	-16.00	-0.0016	55.81	5.69	0.16	0.10
20	0.20	-14.00	-0.0014	76.83	7.83	0.22	0.14
30	0.30	-14.00	-0.0014	92.18	9.40	0.26	0.17
40	0.40	-10.00	-0.0010	107.24	10.94	0.30	0.20
50	0.50	-10.00	-0.0010	121.56	12.40	0.34	0.23
65	0.65	-8.00	-0.0008	134.82	13.75	0.38	0.25
80	0.80	-8.00	-0.0008	141.36	14.41	0.40	0.27
100	1.00	-8.00	-0.0008	155.47	15.85	0.44	0.29
120	1.20	-6.00	-0.0006	165.28	16.85	0.47	0.31
140	1.40	-6.00	-0.0006	178.58	18.21	0.51	0.33
160	1.60	-2.00	-0.0002	187.63	19.13	0.53	0.35
180	1.80	8.00	0.0008	191.42	19.52	0.54	0.36
200	2.00	13.00	0.0013	196.17	20.00	0.56	0.37
220	2.20	17.00	0.0017	200.54	20.45	0.57	0.38
240	2.40	50.00	0.0050	205.83	20.99	0.58	0.39
260	2.60	58.00	0.0058	210.45	21.46	0.60	0.39
280	2.80	30.00	0.0030	209.20	21.33	0.59	0.39
300	3.00	36.00	0.0036	210.77	21.49	0.60	0.40
320	3.20	39.00	0.0039	214.53	21.88	0.61	0.40
340	3.40	40.00	0.0040	215.97	22.02	0.61	0.41
360	3.60	40.00	0.0040	219.79	22.41	0.62	0.41
380	3.80	40.00	0.0040	219.54	22.39	0.62	0.41
400	4.00	40.00	0.0040	214.75	21.90	0.61	0.40
420	4.20	43.00	0.0043	222.97	22.74	0.63	0.42
440	4.40	43.00	0.0043	220.68	22.50	0.63	0.41
460	4.60	43.00	0.0043	225.87	23.03	0.64	0.42
480	4.80	43.00	0.0043	221.67	22.60	0.63	0.42
500	5.00	43.00	0.0043	224.82	22.92	0.637	0.42



*Ingeniero Cesar José Arandaño Jihualonga*  
**JEFE DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos

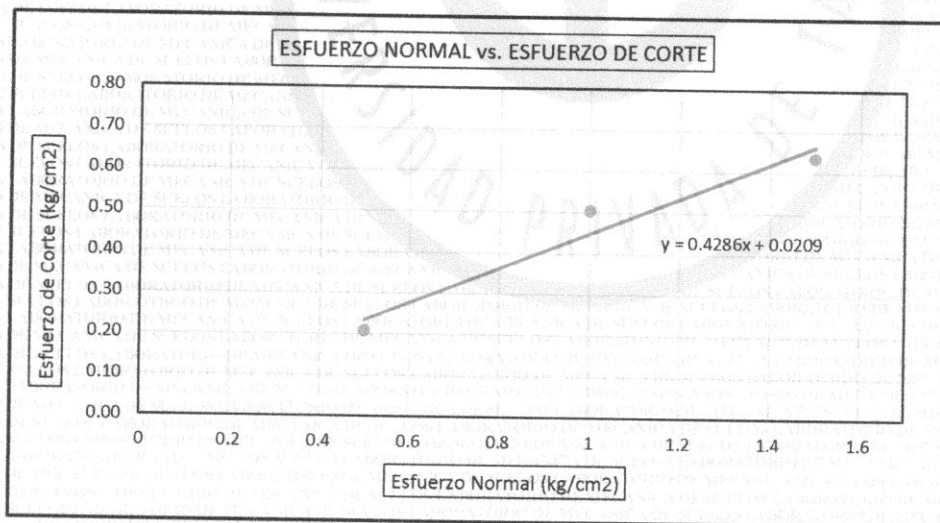
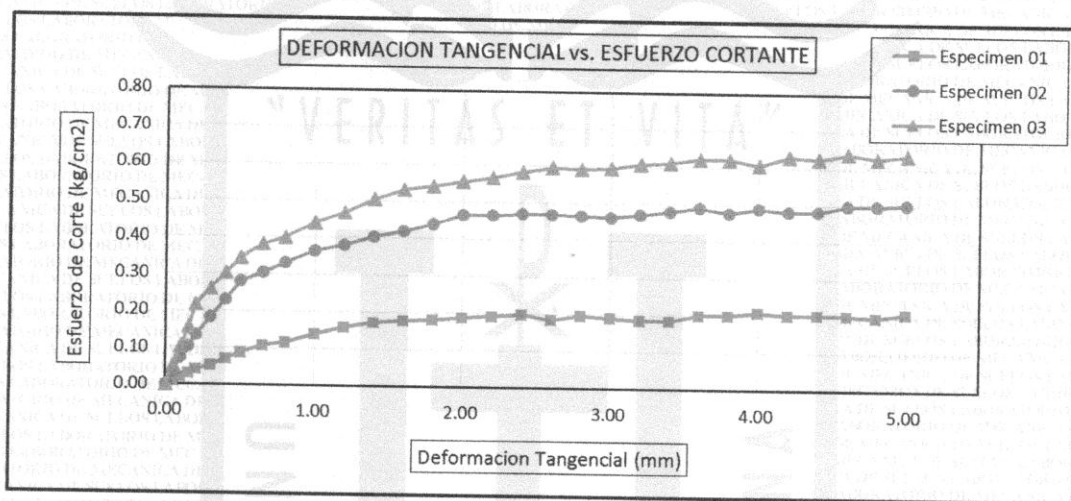


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

TESIS : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA -  
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA  
MUESTRA : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01  
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



RESISTENCIA:

Cohesion: 0.02 kg/cm<sup>2</sup>

Angulo de Friccion : 23.2 °



*Ing. Cesar José Arandaño Jihualanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-02

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 01**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE		
Diametro (cm)	6		Sobre carga (gr)	503.50	
Altura (cm)	2		Peso de Muestra (gr)	112.82	
Densidad Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	1.58		Carga Adicionada (kg)	18.00	
Area (cm <sup>2</sup> )	36		Relacion de Carga	0.50	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	72		Carga Normal Total (kg)	18.50	
Peso (gr)	113.59		Velocidad de Carga (mm/min)	0.14	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.51		Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50	

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL			TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara (gr)	130.52		Natural	si
P. Suelo Seco + Tara (gr)	126.63		Compactado	no
P. de Tara (gr)	30.6		Humedad Natural	4.48%
Contenido de Humedad (%)	4.05%		Clasificación	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.0000	0	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-6.00	-0.0006	5.72	0.58	0.02	0.03
10	0.10	-8.00	-0.0008	11.58	1.18	0.03	0.07
15	0.15	-10.00	-0.0010	17.17	1.75	0.05	0.10
20	0.20	-12.00	-0.0012	22.99	2.34	0.07	0.13
30	0.30	-15.00	-0.0015	28.41	2.90	0.08	0.16
40	0.40	-13.00	-0.0013	38.43	3.92	0.11	0.22
50	0.50	-10.00	-0.0010	47.21	4.81	0.13	0.27
65	0.65	-8.00	-0.0008	57.26	5.84	0.16	0.32
80	0.80	-8.00	-0.0008	62.01	6.32	0.18	0.35
100	1.00	-4.00	-0.0004	74.38	7.58	0.21	0.42
120	1.20	8.00	0.0008	85.09	8.68	0.24	0.48
140	1.40	18.00	0.0018	91.82	9.36	0.26	0.52
160	1.60	25.00	0.0025	94.83	9.67	0.27	0.54
180	1.80	38.00	0.0038	96.53	9.84	0.27	0.55
200	2.00	42.00	0.0042	100.2	10.22	0.28	0.57
220	2.20	56.00	0.0056	102.79	10.48	0.29	0.58
240	2.40	58.00	0.0058	105.62	10.77	0.30	0.60
260	2.60	68.00	0.0068	98.07	10.00	0.28	0.56
280	2.80	69.00	0.0069	105.26	10.73	0.30	0.60
300	3.00	69.00	0.0069	101.94	10.39	0.29	0.58
320	3.20	69.00	0.0069	98.9	10.08	0.28	0.56
340	3.40	70.00	0.0070	98.49	10.04	0.28	0.56
360	3.60	70.00	0.0070	106.94	10.90	0.30	0.61
380	3.80	70.00	0.0070	106.52	10.86	0.30	0.60
400	4.00	70.00	0.0070	111.38	11.36	0.32	0.63
420	4.20	69.00	0.0069	108.28	11.04	0.31	0.61
440	4.40	69.00	0.0069	108.92	11.11	0.31	0.62
460	4.60	69.00	0.0069	107.65	10.98	0.30	0.61
480	4.80	69.00	0.0069	105.82	10.79	0.30	0.60
500	5.00	69.00	0.0069	110.15	11.23	0.31	0.62



*[Signature]*  
**Ing. Cesar José Arendano Jirullanga**  
 JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*[Signature]*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
 TEC LABORATORISTA  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-02

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 02**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm)	6	Sobre carga	(gr) 503.50
Altura	(cm)	2	Peso de Muestra	(gr) 113.04
Densidad Natural	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.58	Carga Adicionada	(kg) 36.00
Area	(cm <sup>2</sup> )	36	Relacion de Carga	1.00
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	72	Carga Normal Total	(kg) 36.50
Peso	(gr)	113.59	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.51	Esfuerzo Normal	(kg/cm <sup>2</sup> ) 1.00

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	143.72	Natural	si
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	139.63	Compactado	no
P. de Tara	(gr)	39.8	Humedad Natural	4.48%
Contenido de Humedad	(%)	4.10%	Clasificacion	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.0000	0	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-14.00	-0.0014	10.69	1.09	0.03	0.03
10	0.10	-6.00	-0.0006	22.6	2.30	0.06	0.06
15	0.15	-18.00	-0.0018	32.11	3.27	0.09	0.09
20	0.20	-20.00	-0.0020	41.61	4.24	0.12	0.12
30	0.30	-22.00	-0.0022	56.54	5.77	0.16	0.16
40	0.40	-24.00	-0.0024	71.04	7.24	0.20	0.20
50	0.50	-26.00	-0.0026	86.4	8.81	0.24	0.24
65	0.65	-26.00	-0.0026	93.82	9.57	0.27	0.27
80	0.80	-22.00	-0.0022	102.14	10.42	0.29	0.29
100	1.00	-20.00	-0.0020	112.43	11.46	0.32	0.32
120	1.20	-16.00	-0.0016	117.58	11.99	0.33	0.33
140	1.40	-13.00	-0.0013	124.77	12.72	0.35	0.35
160	1.60	-10.00	-0.0010	129.71	13.23	0.37	0.37
180	1.80	-8.00	-0.0008	135.73	13.84	0.38	0.38
200	2.00	-4.00	-0.0004	143.3	14.61	0.41	0.41
220	2.20	10.00	0.0010	143.54	14.64	0.41	0.41
240	2.40	14.00	0.0014	145.02	14.79	0.41	0.41
260	2.60	18.00	0.0018	144.51	14.74	0.41	0.41
280	2.80	24.00	0.0024	143.88	14.67	0.41	0.41
300	3.00	28.00	0.0028	142.81	14.56	0.40	0.40
320	3.20	32.00	0.0032	145.18	14.80	0.41	0.41
340	3.40	34.00	0.0034	148.18	15.11	0.42	0.42
360	3.60	34.00	0.0034	151.74	15.47	0.43	0.43
380	3.80	34.00	0.0034	147.53	15.04	0.42	0.42
400	4.00	34.00	0.0034	151.35	15.43	0.43	0.43
420	4.20	38.00	0.0038	148.97	15.19	0.42	0.42
440	4.40	38.00	0.0038	149.27	15.22	0.42	0.42
460	4.60	38.00	0.0038	154.29	15.73	0.44	0.44
480	4.80	42.00	0.0042	154.15	15.72	0.44	0.44
500	5.00	42.00	0.0042	155.34	15.84	0.440	0.44



*Ing. Cesar José Avendaño Jihualonga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-02

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 03**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm)	6	Sobre carga	(gr) 503.50
Altura	(cm)	2	Peso de Muestra	(gr) 113.04
Densidad Natural	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.58	Carga Adicionada	(kg) 54.00
Area	(cm <sup>2</sup> )	36	Relacion de Carga	1.50
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	72	Carga Normal Total	(kg) 54.50
Peso	(gr)	113.59	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.51	Esfuerzo Normal	(kg/cm <sup>2</sup> ) 1.51

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	136.02	Natural	si
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	131.76	Compactado	no
P. de Tara	(gr)	30.1	Humedad Natural	4.48%
Contenido de Humedad	(%)	4.19%	Clasificacion	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.0000	0	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-16.00	-0.0016	21.15	2.16	0.06	0.04
10	0.10	-16.00	-0.0016	41.49	4.23	0.12	0.08
15	0.15	-16.00	-0.0016	63.46	6.47	0.18	0.12
20	0.20	-14.00	-0.0014	87.36	8.91	0.25	0.16
30	0.30	-14.00	-0.0014	104.82	10.69	0.30	0.20
40	0.40	-10.00	-0.0010	121.94	12.43	0.35	0.23
50	0.50	-10.00	-0.0010	138.22	14.09	0.39	0.26
65	0.65	-8.00	-0.0008	153.3	15.63	0.43	0.29
80	0.80	-8.00	-0.0008	160.74	16.39	0.46	0.30
100	1.00	-8.00	-0.0008	176.78	18.03	0.50	0.33
120	1.20	-6.00	-0.0006	187.94	19.16	0.53	0.35
140	1.40	-6.00	-0.0006	203.06	20.71	0.58	0.38
160	1.60	-2.00	-0.0002	213.35	21.76	0.60	0.40
180	1.80	8.00	0.0008	217.66	22.20	0.62	0.41
200	2.00	13.00	0.0013	223.06	22.75	0.63	0.42
220	2.20	17.00	0.0017	228.03	23.25	0.65	0.43
240	2.40	50.00	0.0050	234.05	23.87	0.66	0.44
260	2.60	58.00	0.0058	239.3	24.40	0.68	0.45
280	2.80	30.00	0.0030	237.88	24.26	0.67	0.45
300	3.00	36.00	0.0036	239.66	24.44	0.68	0.45
320	3.20	39.00	0.0039	243.94	24.87	0.69	0.46
340	3.40	40.00	0.0040	245.58	25.04	0.70	0.46
360	3.60	40.00	0.0040	249.92	25.48	0.71	0.47
380	3.80	40.00	0.0040	249.64	25.46	0.71	0.47
400	4.00	40.00	0.0040	244.19	24.90	0.69	0.46
420	4.20	43.00	0.0043	253.54	25.85	0.72	0.48
440	4.40	43.00	0.0043	250.93	25.59	0.71	0.47
460	4.60	43.00	0.0043	256.83	26.19	0.73	0.48
480	4.80	43.00	0.0043	252.06	25.70	0.71	0.47
500	5.00	43.00	0.0043	255.64	26.07	0.724	0.48



*Ing. Cesar José Avendaño Jiravallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos

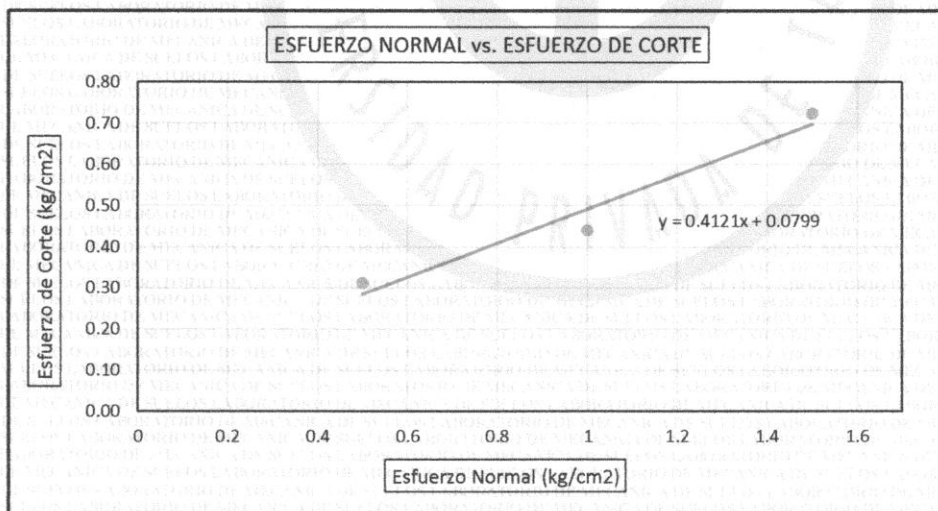
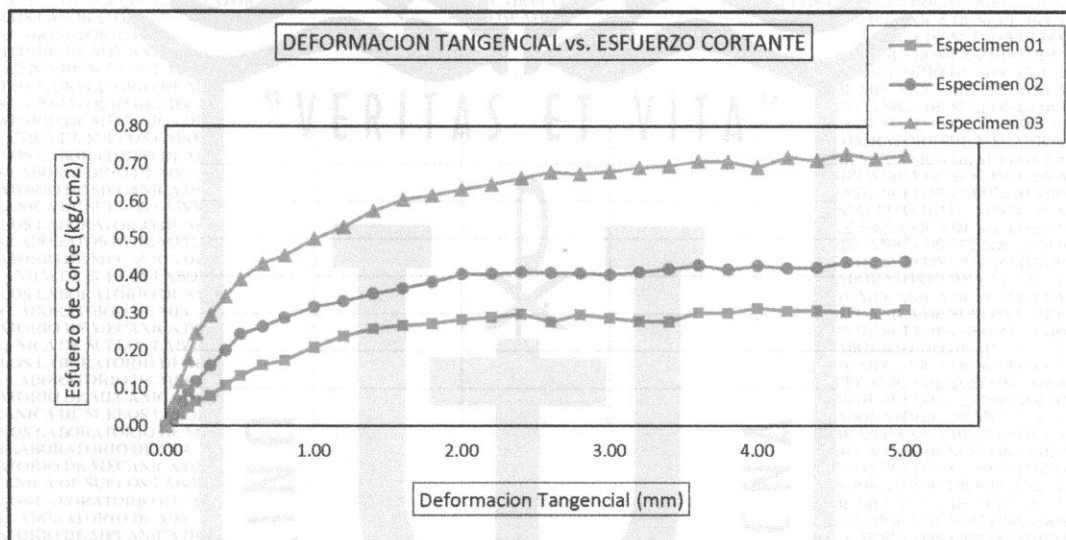


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA -  
**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA  
**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-02  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**GRAFICO DE CORTE DIRECTO**



**RESISTENCIA:**  
Cohesion: 0.08 kg/cm<sup>2</sup>  
Angulo de Friccion : 22.4 °



*Ing. Cesar José Arendano Jihuallanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 01**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm)	6	Sobre carga	(gr) 503.50
Altura	(cm)	2	Peso de Muestra	(gr) 112.82
Densidad Natural	(gr/cm3)	1.60	Carga Adicionada	(kg) 18.00
Area	(cm2)	36	Relacion de Carga	0.50
Volumen	(cm3)	72	Carga Normal Total	(kg) 18.50
Peso	(gr)	114.91	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm3)	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm2) 0.50

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	137.06	Natural	si
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	132.99	Compactado	no
P. de Tara	(gr)	35.7	Humedad Natural	4.31%
Contenido de Humedad	(%)	4.19%	Clasificacion	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.0000	0	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-6.00	-0.0006	4.99	0.51	0.01	0.03
10	0.10	-8.00	-0.0008	10.1	1.03	0.03	0.06
15	0.15	-10.00	-0.0010	14.97	1.53	0.04	0.08
20	0.20	-12.00	-0.0012	20.04	2.04	0.06	0.11
30	0.30	-15.00	-0.0015	24.77	2.53	0.07	0.14
40	0.40	-13.00	-0.0013	33.5	3.42	0.09	0.19
50	0.50	-10.00	-0.0010	41.16	4.20	0.12	0.23
65	0.65	-8.00	-0.0008	49.92	5.09	0.14	0.28
80	0.80	-8.00	-0.0008	54.06	5.51	0.15	0.31
100	1.00	-4.00	-0.0004	64.84	6.61	0.18	0.37
120	1.20	8.00	0.0008	74.18	7.56	0.21	0.42
140	1.40	18.00	0.0018	80.05	8.16	0.23	0.45
160	1.60	25.00	0.0025	82.68	8.43	0.23	0.47
180	1.80	38.00	0.0038	84.15	8.58	0.24	0.48
200	2.00	42.00	0.0042	87.35	8.91	0.25	0.49
220	2.20	56.00	0.0056	89.61	9.14	0.25	0.51
240	2.40	58.00	0.0058	92.08	9.39	0.26	0.52
260	2.60	68.00	0.0068	85.5	8.72	0.24	0.48
280	2.80	69.00	0.0069	91.77	9.36	0.26	0.52
300	3.00	69.00	0.0069	88.87	9.06	0.25	0.50
320	3.20	69.00	0.0069	86.22	8.79	0.24	0.49
340	3.40	70.00	0.0070	85.87	8.76	0.24	0.49
360	3.60	70.00	0.0070	91.23	9.30	0.26	0.52
380	3.80	70.00	0.0070	90.87	9.27	0.26	0.51
400	4.00	70.00	0.0070	95.1	9.70	0.27	0.54
420	4.20	69.00	0.0069	92.4	9.42	0.26	0.52
440	4.40	69.00	0.0069	92.96	9.48	0.26	0.53
460	4.60	69.00	0.0069	91.85	9.37	0.26	0.52
480	4.80	69.00	0.0069	92.25	9.41	0.26	0.52
500	5.00	69.00	0.0069	96.03	9.79	0.27	0.54



*Ing. Cesar Jose Arendano Jhuallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A. MARTÍNEZ LLANQUI**  
**TEC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 02**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm)	6	Sobre carga	(gr) 503.50
Altura	(cm)	2	Peso de Muestra	(gr) 113.04
Densidad Natural	(gr/cm3)	1.60	Carga Adicionada	(kg) 36.00
Area	(cm2)	36	Relacion de Carga	1.00
Volumen	(cm3)	72	Carga Normal Total	(kg) 36.50
Peso	(gr)	114.91	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm3)	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm2) 1.00

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	136.46	Natural	si
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	132.19	Compactado	no
P. de Tara	(gr)	31.1	Humedad Natural	4.31%
Contenido de Humedad	(%)	4.23%	Clasificacion	SM

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.0000	0	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-14.00	-0.0014	9.92	1.01	0.03	0.03
10	0.10	-6.00	-0.0006	20.99	2.14	0.06	0.06
15	0.15	-18.00	-0.0018	29.81	3.04	0.08	0.08
20	0.20	-20.00	-0.0020	38.64	3.94	0.11	0.11
30	0.30	-22.00	-0.0022	52.5	5.35	0.15	0.15
40	0.40	-24.00	-0.0024	65.95	6.73	0.19	0.19
50	0.50	-26.00	-0.0026	80.22	8.18	0.23	0.23
65	0.65	-26.00	-0.0026	87.11	8.88	0.25	0.25
80	0.80	-22.00	-0.0022	94.83	9.67	0.27	0.27
100	1.00	-20.00	-0.0020	104.38	10.64	0.30	0.30
120	1.20	-16.00	-0.0016	109.16	11.13	0.31	0.31
140	1.40	-13.00	-0.0013	115.84	11.81	0.33	0.33
160	1.60	-10.00	-0.0010	120.43	12.28	0.34	0.34
180	1.80	-8.00	-0.0008	126.02	12.85	0.36	0.36
200	2.00	-4.00	-0.0004	133.05	13.57	0.38	0.38
220	2.20	10.00	0.0010	133.26	13.59	0.38	0.38
240	2.40	14.00	0.0014	134.64	13.73	0.38	0.38
260	2.60	18.00	0.0018	134.17	13.68	0.38	0.38
280	2.80	24.00	0.0024	133.58	13.62	0.38	0.38
300	3.00	28.00	0.0028	132.59	13.52	0.38	0.38
320	3.20	32.00	0.0032	134.79	13.74	0.38	0.38
340	3.40	34.00	0.0034	137.57	14.03	0.39	0.39
360	3.60	34.00	0.0034	140.88	14.37	0.40	0.40
380	3.80	34.00	0.0034	136.97	13.97	0.39	0.39
400	4.00	34.00	0.0034	140.51	14.33	0.40	0.40
420	4.20	38.00	0.0038	138.3	14.10	0.39	0.39
440	4.40	38.00	0.0038	138.58	14.13	0.39	0.39
460	4.60	38.00	0.0038	143.25	14.61	0.41	0.41
480	4.80	42.00	0.0042	143.12	14.59	0.41	0.41
500	5.00	42.00	0.0042	144.22	14.71	0.409	0.41



*Ing. Cesar José Avendaño Jihualanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TÉC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

**ESPECIMEN 03**

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA				DATOS DE CORTE			
Diametro	(cm)	6		Sobre carga	(gr)	503.50	
Altura	(cm)	2		Peso de Muestra	(gr)	113.04	
Densidad Natural	(gr/cm3)	1.60		Carga Adicionada	(kg)	54.00	
Area	(cm2)	36		Relacion de Carga		1.50	
Volumen	(cm3)	72		Carga Normal Total	(kg)	54.50	
Peso	(gr)	114.91		Velocidad de Carga	(mm/min)	0.14	
Densidad Seca	(gr/cm3)	1.53		Esfuerzo Normal	(kg/cm2)	1.51	
CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL				TIPO DE MUESTRA			
P. Suelo Humedo + Tara	(gr)	143.86		Natural		si	
P. Suelo Seco + Tara	(gr)	139.59		Compactado		no	
P. de Tara	(gr)	38.5		Humedad Natural		4.31%	
Contenido de Humedad	(%)	4.22%		Clasificacion		SM	

DIAL HORIZONTAL	DEFORMACION HORIZONTAL (mm)	DIAL VERTICAL	DEFORMACION VERTICAL (mm)	FUERZA CORTANTE DE LECTURA (N)	FUERZA CORTANTE (kg)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO NORMALIZADO (kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.0000	0	0.00	0.00	0.00
5	0.05	-16.00	-0.0016	20.1	2.05	0.06	0.04
10	0.10	-16.00	-0.0016	39.44	4.02	0.11	0.07
15	0.15	-16.00	-0.0016	60.32	6.15	0.17	0.11
20	0.20	-14.00	-0.0014	83.04	8.47	0.24	0.16
30	0.30	-14.00	-0.0014	99.63	10.16	0.28	0.19
40	0.40	-10.00	-0.0010	115.91	11.82	0.33	0.22
50	0.50	-10.00	-0.0010	131.39	13.40	0.37	0.25
65	0.65	-8.00	-0.0008	145.72	14.86	0.41	0.27
80	0.80	-8.00	-0.0008	152.79	15.58	0.43	0.29
100	1.00	-8.00	-0.0008	168.04	17.14	0.48	0.32
120	1.20	-6.00	-0.0006	178.65	18.22	0.51	0.34
140	1.40	-6.00	-0.0006	193.02	19.68	0.55	0.36
160	1.60	-2.00	-0.0002	202.8	20.68	0.57	0.38
180	1.80	8.00	0.0008	206.9	21.10	0.59	0.39
200	2.00	13.00	0.0013	212.03	21.62	0.60	0.40
220	2.20	17.00	0.0017	216.76	22.10	0.61	0.41
240	2.40	50.00	0.0050	222.47	22.69	0.63	0.42
260	2.60	58.00	0.0058	227.47	23.20	0.64	0.43
280	2.80	30.00	0.0030	226.12	23.06	0.64	0.42
300	3.00	36.00	0.0036	227.81	23.23	0.65	0.43
320	3.20	39.00	0.0039	231.88	23.65	0.66	0.43
340	3.40	40.00	0.0040	233.43	23.80	0.66	0.44
360	3.60	40.00	0.0040	237.56	24.22	0.67	0.45
380	3.80	40.00	0.0040	237.29	24.20	0.67	0.45
400	4.00	40.00	0.0040	232.12	23.67	0.66	0.44
420	4.20	43.00	0.0043	241	24.58	0.68	0.45
440	4.40	43.00	0.0043	238.53	24.32	0.68	0.45
460	4.60	43.00	0.0043	244.13	24.89	0.69	0.46
480	4.80	43.00	0.0043	239.6	24.43	0.68	0.45
500	5.00	43.00	0.0043	243.00	24.78	0.688	0.46



*Ing. Cesar José Avendaño Jiravallanga*  
**JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
**MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI**  
**TÉC LABORATORISTA**  
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos

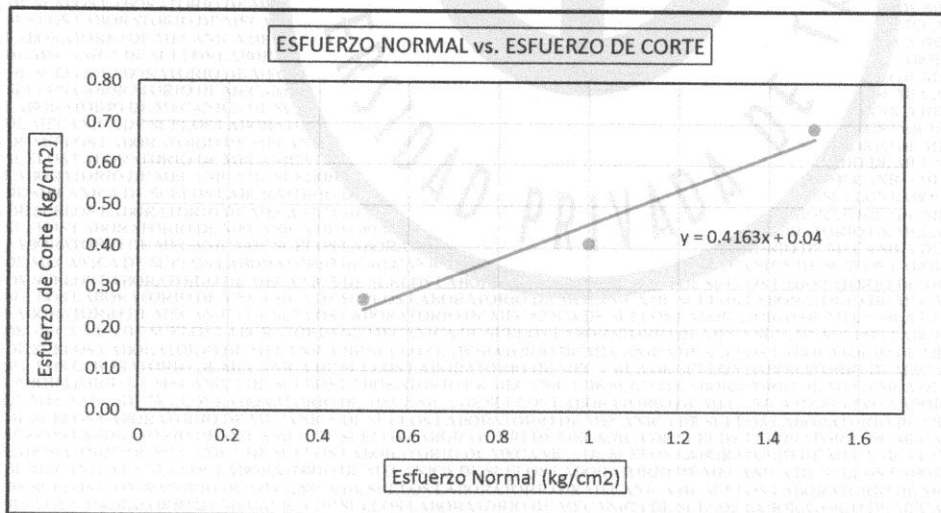
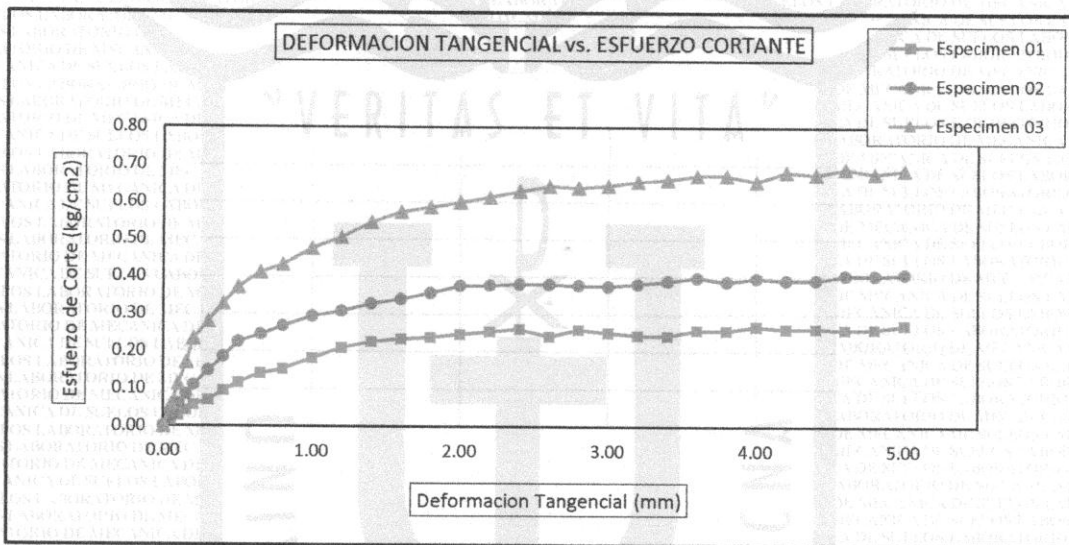


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

TESIS : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA -  
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA  
MUESTRA : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-03  
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



RESISTENCIA:  
Cohesion: 0.04 kg/cm<sup>2</sup>  
Angulo de Friccion : 22.6 °



*Cesar José Arandaño Jiravallanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**DENSIDAD MINIMA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01 A C-03

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA Nº 01				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4554	4868	4574
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5879	6155	5968
Volumen del recipiente	cc.	1019	998	1033
Peso de la muestra seca neta	gr.	1325	1287	1394
Densidad	gr/cc.	1.30	1.29	1.35
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.31</b>	

CALICATA Nº 02				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4425	4865	4380
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5716	6195	5670
Volumen del recipiente	cc.	1001	1039	1024
Peso de la muestra seca neta	gr.	1291	1330	1290
Densidad	gr/cc.	1.29	1.28	1.26
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.28</b>	

CALICATA Nº 03				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4754	4502	4798
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	6137	5912	6048
Volumen del recipiente	cc.	1002	1037	1008
Peso de la muestra seca neta	gr.	1383	1410	1250
Densidad	gr/cc.	1.38	1.36	1.24
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.33</b>	



*[Signature]*  
Ing. Cesar José Avendaño Jimwallanga  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*[Signature]*  
MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**DENSIDAD MINIMA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-04 A C-06

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA Nº 04				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4479	4710	4735
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5841	5980	6036
Volumen del recipiente	cc.	1009	1016	1025
Peso de la muestra seca neta	gr.	1362	1270	1301
Densidad	gr/cc.	1.35	1.25	1.27
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.29</b>	

CALICATA Nº 05				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4512	4515	4787
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5819	5835	6114
Volumen del recipiente	cc.	1021	1039	1013
Peso de la muestra seca neta	gr.	1307	1320	1327
Densidad	gr/cc.	1.28	1.27	1.31
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.29</b>	

CALICATA Nº 06				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4766	4828	4846
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	6148	6108	6226
Volumen del recipiente	cc.	1039	1024	1000
Peso de la muestra seca neta	gr.	1382	1280	1380
Densidad	gr/cc.	1.33	1.25	1.38
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.32</b>	



*Cesar José Arandaño Jihualanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TÉC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**DENSIDAD MINIMA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-07 A C-09

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA Nº 07				
Descripción	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4596	4422	4495
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5942	5848	5834
Volumen del recipiente	cc.	1012	1033	1007
Peso de la muestra seca neta	gr.	1346	1426	1339
Densidad	gr/cc.	1.33	1.38	1.33
Densidad mínima	gr/cc.		<b>1.35</b>	

CALICATA Nº 08				
Descripción	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4519	4495	4593
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5859	5842	5989
Volumen del recipiente	cc.	1031	1028	1010
Peso de la muestra seca neta	gr.	1340	1347	1396
Densidad	gr/cc.	1.30	1.31	1.38
Densidad mínima	gr/cc.		<b>1.33</b>	

CALICATA Nº 09				
Descripción	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4870	4539	4797
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	6155	5866	6155
Volumen del recipiente	cc.	1036	1005	1040
Peso de la muestra seca neta	gr.	1285	1327	1358
Densidad	gr/cc.	1.24	1.32	1.31
Densidad mínima	gr/cc.		<b>1.29</b>	



*Cesar José Arendano Jimallanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

DENSIDAD MINIMA

TESIS : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

MUESTRA : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-10 A C-12

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2014

CALICATA Nº 10				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4677	4772	4721
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5991	6080	5969
Volumen del recipiente	cc.	1003	1006	1015
Peso de la muestra seca neta	gr.	1314	1308	1248
Densidad	gr/cc.	1.31	1.30	1.23
Densidad minima	gr/cc.	-	<b>1.28</b>	

CALICATA Nº 11				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4612	4650	4844
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5970	5935	6210
Volumen del recipiente	cc.	1029	1036	1027
Peso de la muestra seca neta	gr.	1358	1285	1366
Densidad	gr/cc.	1.32	1.24	1.33
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.30</b>	

CALICATA Nº 12				
Descripcion	Und.	Recip. Nº 01	Recip. Nº 02	Recip. Nº 03
Peso del recipiente	gr.	4482	4740	4755
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	5828	6055	6096
Volumen del recipiente	cc.	1035	1019	1016
Peso de la muestra seca neta	gr.	1346	1315	1341
Densidad	gr/cc.	1.30	1.29	1.32
Densidad minima	gr/cc.		<b>1.30</b>	



*Cesar José Arendano Jihualanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**DENSIDAD RELATIVA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-01 A C-04

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

Descripcion	Und.	C-01	C-02	C-03	C-04
Profundidad	cm.	14.0	14.0	14.0	14.0
Peso de la muestra humeda + lata	gr.	2910	2873	2931	2954
Peso de la lata	gr.	4	4	4	4
Peso de la muestra humeda neta	gr.	2906	2869	2927	2950
Peso de la arena + frasco	gr.	6780	6650	6750	6760
Peso de la arena que queda en frasco	gr.	1882	1800	1930	2125
Peso de la arena en el embudo	gr.	2256	2213	2161	1929
Peso de la arena en el hoyo	gr.	2642.3	2636.9	2659.4	2706.3
Densidad de la arena	gr/cc.	1.45	1.45	1.45	1.45
Volumen del hoyo	cc.	1822.3	1818.6	1834.0	1866.4
Porcentaje de grava	%	0	0	0	0
Humedad	%	4.23	4.48	4.31	4.10
Densidad humeda	gr/cc.	1.59	1.58	1.60	1.58
Densidad seca	gr/cc.	1.53	1.51	1.53	1.52
Densidad maxima	gr/cc.	1.87	1.89	1.83	1.88
Densidad minima	gr/cc.	1.31	1.28	1.33	1.29
Densidad relativa	%	48.01	47.19	47.84	47.92



*Ing. Cesar José Arendano Jihwallanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUELA MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**DENSIDAD RELATIVA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-05 A C-08

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

Descripción	Und.	C-05	C-06	C-07	C-08
Profundidad	cm.	14.0	14.0	14.0	14.0
Peso de la muestra humeda + lata	gr.	2876	2904	2936	2899
Peso de la lata	gr.	4	4	4	4
Peso de la muestra humeda neta	gr.	2872	2900	2932	2895
Peso de la arena + frasco	gr.	6780	6725	6620	6685
Peso de la arena que queda en frasco	gr.	1870	1605	2038	2092
Peso de la arena en el embudo	gr.	2272	2515	1959	1986
Peso de la arena en el hoyo	gr.	2637.6	2604.7	2623.8	2607.4
Densidad de la arena	gr/cc.	1.45	1.45	1.45	1.45
Volumen del hoyo	cc.	1819.0	1796.3	1809.5	1798.2
Porcentaje de grava	%	0	0	0	0
Humedad	%	4.26	4.23	4.42	4.13
Densidad humeda	gr/cc.	1.58	1.61	1.62	1.61
Densidad seca	gr/cc.	1.51	1.55	1.55	1.55
Densidad maxima	gr/cc.	1.85	1.88	1.83	1.85
Densidad minima	gr/cc.	1.29	1.32	1.35	1.33
Densidad relativa	%	48.94	49.61	49.57	49.72



*Cesar José Arandaño Jhuallanga*  
Ing. Cesar José Arandaño Jhuallanga  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ING. CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**DENSIDAD RELATIVA**

**TESIS** : "ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

**UBICACIÓN** : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA - TACNA

**MUESTRA** : SUELO PROPIO DE FUNDACIÓN C-09 A C-12

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2014

Descripcion	Und.	C-09	C-10	C-11	C-12
Profundidad	cm.	14.0	14.0	14.0	14.0
Peso de la muestra humeda + lata	gr.	2887	2913	2932	2895
Peso de la lata	gr.	4	4	4	4
Peso de la muestra humeda neta	gr.	2883	2909	2928	2891
Peso de la arena + frasco	gr.	6745	6850	6905	6782
Peso de la arena que queda en frasco	gr.	1752	1863	1896	1892
Peso de la arena en el embudo	gr.	2368	2293	2309	2266
Peso de la arena en el hoyo	gr.	2625.4	2694.1	2700.3	2623.5
Densidad de la arena	gr/cc.	1.45	1.45	1.45	1.45
Volumen del hoyo	cc.	1810.6	1858.0	1862.3	1809.3
Porcentaje de grava	%	0	0	0	0
Humedad	%	4.37	4.04	4.15	4.25
Densidad humeda	gr/cc.	1.59	1.57	1.57	1.60
Densidad seca	gr/cc.	1.53	1.50	1.51	1.53
Densidad maxima	gr/cc.	1.88	1.86	1.82	1.88
Densidad minima	gr/cc.	1.29	1.28	1.30	1.30
Densidad relativa	%	49.21	47.92	48.60	49.21



*Cesar José Avendaño Jirullanga*  
JEFE DE LAB. DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

*Miguel A. Martínez Llanqui*  
MIGUELA MARTINEZ LLANQUI  
TEC LABORATORISTA  
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos

INFORME DE ENSAYOS


EXPEDIENTE                      INF-LS 117.14

SOLICITANTE                    Bach. JEAN PABLO AYA GUILLEN  
La Esperanza, N° 1483 – Tacna – Perú

TITULO                              ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y POTENCIAL DE COLAPSO DE  
MUESTRAS INALTERADAS

FECHA                                15 DE OCTUBRE DEL 2014



  
Ing. Manuel Olcese Franzero  
Jefe de Laboratorio de  
Mecánica de Suelos

**ENSAYO DE POTENCIAL DE COLAPSO**

(Elaborado por el Cliente, con Personal, Materiales y Especificaciones)

**SOLICITANTE** : Bach. JEAN PABLO AYA GUILLEN  
"UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN" - TACNA

**PROYECTO** : TESIS "Estudio de suelos con fines de cimentación en las asociaciones de vivienda San Cristobal, San Juan Bosco y San Fernando del Sector VII del Distrito Alto de la Alianza - Región Tacna"

**MUESTRA** : M-1 DEL SONDAJE C-01  
profund. : 3 m.  
clasific. : SM (SUCS)  
estado : inalterado

**ENSAYO** : ENSAYO DE COLAPSABILIDAD DE MUESTRA INALTERADA

**NORMAS ENSAYO/REF** : NTP 339.163 (2001) / ASTM D 5333

**FECHA** : OCTUBRE 2014

**Datos del ensayo :**

Altura de la muestra	: 1.90 cm	Humedad final	: 20.85%
Diametro de la muestra	: 6 cm	Grado saturacion final	: 100%
Humedad inicial	: 4.23%	Grav. Especif. Solidos	: 2.60
Grado saturacion inicial	: 12.81%		

**TABLA 1. ENSAYO DE COLAPSABILIDAD - MUESTRA INALTERADA**

Carga Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura Promedio (mm)	Relacion de vacios (e)	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Consolid. (%)	Altura Drenada (mm)	
0.0	10.843	0.000	19.00	0.919	1.355	0.00	9.50	
0.1	10.650	0.193	18.81	0.899	1.369	1.02	9.40	
0.2	10.572	0.271	18.73	0.891	1.375	1.43	9.36	
0.4	10.355	0.488	18.51	0.869	1.391	2.57	9.26	
0.8	10.120	0.723	18.28	0.846	1.409	3.81	9.14	
1.6	9.951	0.892	18.11	0.829	1.422	4.69	9.05	
1.6	9.530	1.313	17.69	0.786	1.456	6.91	8.84	
3.2	9.324	1.519	17.48	0.765	1.473	7.99	8.74	
6.4	8.960	1.883	17.12	0.728	1.504	9.91	8.56	
3.2	8.982	1.861	17.14	0.731	1.502	9.79	8.87	
1.6	8.995	1.848	17.15	0.732	1.501	9.73	8.58	
0.8	9.027	1.816	17.18	0.735	1.498	9.56	8.59	
0.4	9.072	1.771	17.23	0.740	1.494	9.32	8.61	
0.2	9.100	1.743	17.26	0.743	1.492	9.17	8.63	
0.1	9.100	1.743	17.26	0.743	1.492	9.17	8.63	
<b>Potencial de colapso</b>							<b>:</b>	<b>2.20%</b>

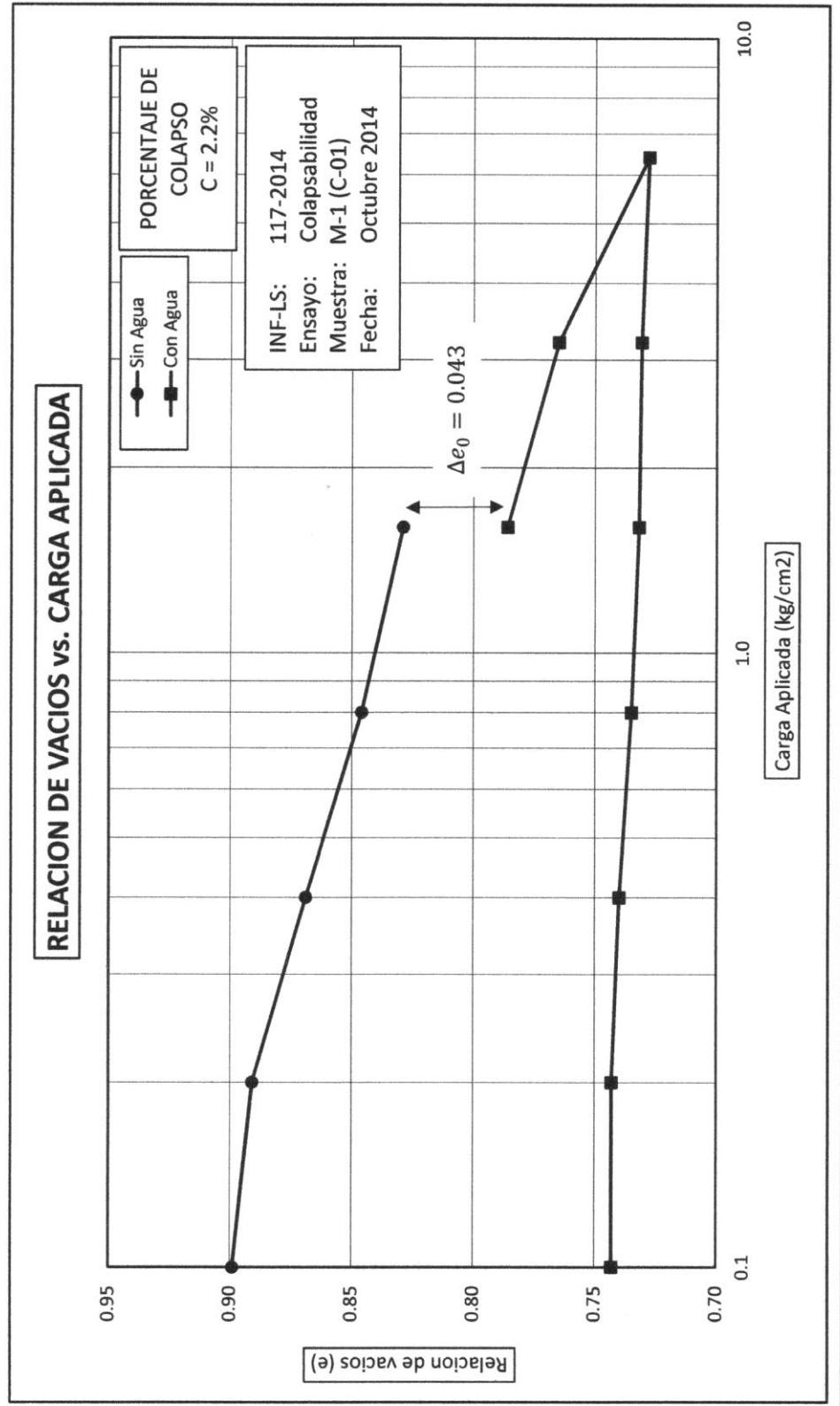
**Nota:** La muestra se considera moderadamente problemático.

Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio.  
El presente informe consta de trece (13) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y seis (6) registros gráficos, de los ensayos realizados.



# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

## Laboratorio de Mecánica de Suelos - LMS



**ENSAYO DE POTENCIAL DE COLAPSO**

(Elaborado por el Cliente, con Personal, Materiales y Especificaciones)

**SOLICITANTE** : Bach. JEAN PABLO AYA GUILLEN  
"UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN" - TACNA

**PROYECTO** : TESIS "Estudio de suelos con fines de cimentación en las asociaciones de vivienda San Cristobal, San Juan Bosco y San Fernando del Sector VII del Distrito Alto de la Alianza - Región Tacna"

**MUESTRA** : M-2 DEL SONDAJE C-02  
profund. : 3 m.  
clasific. : SM (SUCS)  
estado : inalterado

**ENSAYO** : ENSAYO DE COLAPSABILIDAD DE MUESTRA INALTERADA

**NORMAS ENSAYO/REF** : NTP 339.163 (2001) / ASTM D 5333

**FECHA** : OCTUBRE 2014

**Datos del ensayo :**

Altura de la muestra	: 1.60 cm	Humedad final	: 24.18%
Diámetro de la muestra	: 5.80 cm	Grado saturacion final	: 100%
Humedad inicial	: 4.48%	Grav. Especif. Solidos	: 2.62
Grado saturacion inicial	: 14.05%		

**TABLA 1. ENSAYO DE COLAPSABILIDAD - MUESTRA INALTERADA**

Carga Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura Promedio (mm)	Relacion de vacios (e)	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Consolid. (%)	Altura Drenada (mm)
0.0	12.317	0.000	16.00	0.401	1.869	0.00	8.00
0.1	12.214	0.103	15.90	0.392	1.881	0.64	7.95
0.2	12.005	0.312	15.69	0.374	1.906	1.95	7.84
0.4	11.683	0.634	15.37	0.345	1.946	3.96	7.68
0.8	11.372	0.945	15.06	0.318	1.986	5.91	7.53
1.6	11.068	1.249	14.75	0.292	2.027	7.81	7.38
1.6	10.617	1.700	14.30	0.252	2.091	10.63	7.15
3.2	10.315	2.002	14.00	0.226	2.136	12.51	7.00
6.4	9.975	2.342	13.66	0.196	2.189	14.64	6.83
3.2	9.990	2.327	13.67	0.197	2.187	14.54	6.84
1.6	10.012	2.305	13.70	0.199	2.183	14.41	6.85
0.8	10.041	2.276	13.72	0.202	2.179	14.23	6.86
0.4	10.070	2.247	13.75	0.204	2.174	14.04	6.88
0.2	10.105	2.212	13.79	0.207	2.169	13.83	6.89
0.1	10.120	2.197	13.80	0.209	2.166	13.73	6.90
<b>Potencial de colapso</b>							<b>: 2.78%</b>

**Nota:** La muestra se considera moderadamente problemático.

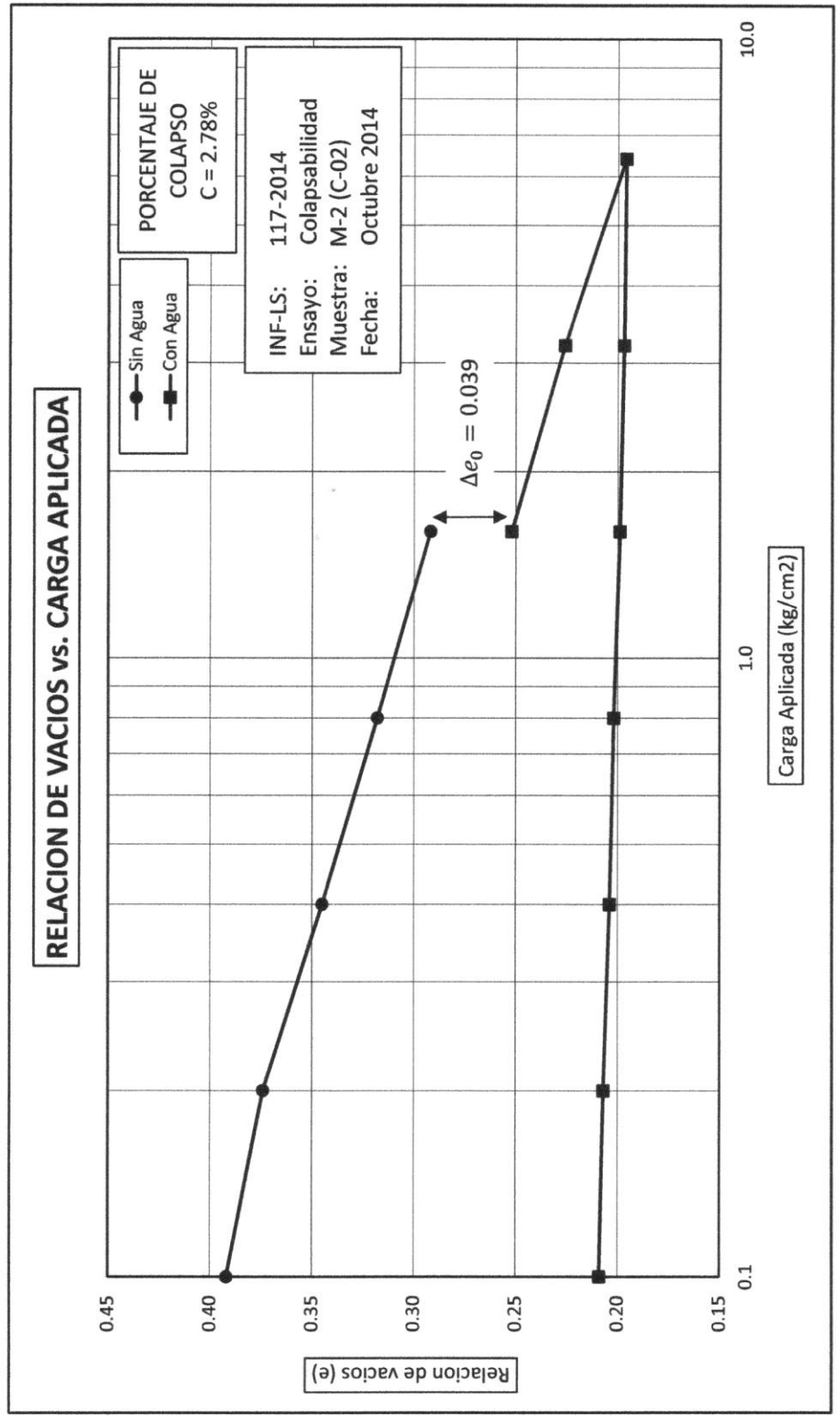


Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio.  
El presente informe consta de trece (13) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y seis (6) registros gráficos, de los ensayos realizados.



# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

## Laboratorio de Mecánica de Suelos - LMS



**ENSAYO DE POTENCIAL DE COLAPSO**

(Elaborado por el Cliente, con Personal, Materiales y Especificaciones)

**SOLICITANTE** : Bach. JEAN PABLO AYA GUILLEN  
"UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN" - TACNA

**PROYECTO** : TESIS "Estudio de suelos con fines de cimentación en las asociaciones de vivienda San Cristobal, San Juan Bosco y San Fernando del Sector VII del Distrito Alto de la Alianza - Región Tacna"

**MUESTRA** : M-3 DEL SONDAJE C-03  
profund. : 3 m.  
clasific. : SM (SUCS)  
estado : inalterado

**ENSAYO** : ENSAYO DE COLAPSABILIDAD DE MUESTRA INALTERADA

**NORMAS ENSAYO/REF** : NTP 339.163 (2001) / ASTM D 5333

**FECHA** : OCTUBRE 2014

**Datos del ensayo :**

Altura de la muestra	: 1.90 cm	Humedad final	: 36.43%
Diametro de la muestra	: 6.00 cm	Grado saturacion final	: 85.31%
Humedad inicial	: 4.31%	Grav. Especif. Solidos	: 2.27
Grado saturacion inicial	: 7.23%		

**TABLA 1. ENSAYO DE COLAPSABILIDAD - MUESTRA INALTERADA**

Carga Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura Final (mm)	Asent. (mm)	Altura Promedio (mm)	Relacion de vacios (e)	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Consolid. (%)	Altura Drenada (mm)	
0.0	2.869	0.000	19.00	1.177	1.042	0.00	9.50	
0.1	2.833	0.036	18.96	1.173	1.044	0.19	9.48	
0.2	2.811	0.058	18.88	1.164	1.046	0.31	9.47	
0.4	2.745	0.124	18.81	1.156	1.049	0.65	9.44	
0.8	2.665	0.204	18.73	1.147	1.054	1.07	9.40	
1.6	2.539	0.330	18.47	1.117	1.061	1.74	9.34	
1.6	1.582	1.287	17.71	1.029	1.118	6.77	8.86	
3.2	1.055	1.814	17.19	0.969	1.152	9.55	8.59	
6.4	0.535	2.334	16.67	0.909	1.188	12.28	8.33	
3.2	0.555	2.314	16.69	0.912	1.187	12.18	8.34	
1.6	0.580	2.289	16.71	0.914	1.185	12.05	8.36	
0.8	0.612	2.257	16.74	0.918	1.183	11.88	8.37	
0.4	0.645	2.224	16.78	0.922	1.181	11.71	8.39	
0.2	0.670	2.199	16.80	0.925	1.179	11.57	8.40	
0.1	0.688	2.181	16.82	0.927	1.178	11.48	8.41	
<b>Potencial de colapso</b>							<b>:</b>	<b>4.04%</b>

**Nota:** La muestra se considera moderadamente problemático.

Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio.  
El presente informe consta de trece (13) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y seis (6) registros gráficos, de los ensayos realizados.



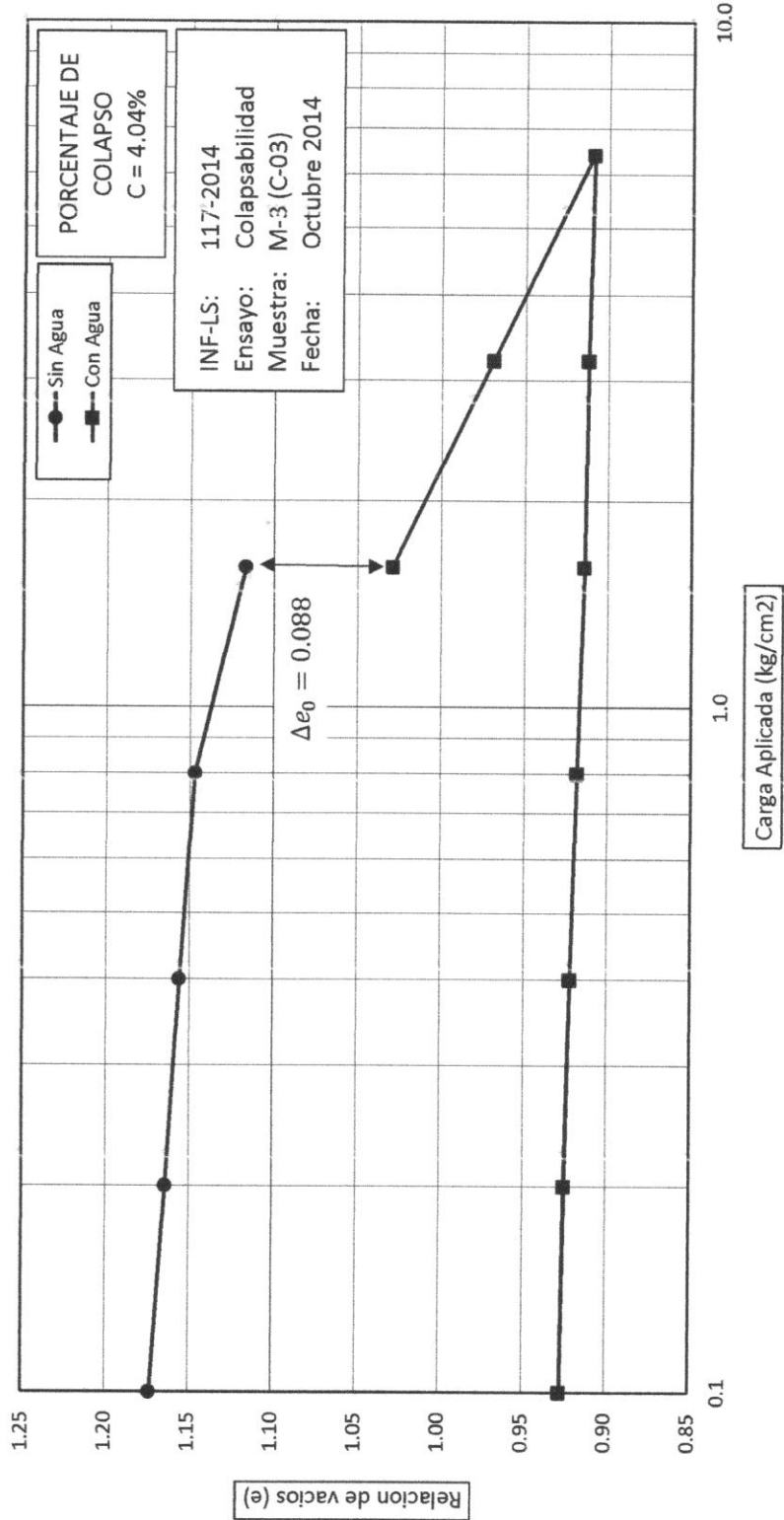


# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

## Laboratorio de Mecánica de Suelos - LMS



RELACION DE VACIOS vs. CARGA APLICADA



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(Elaborado por el Cliente, con Personal, Materiales y Especificaciones)

**SOLICITANTE** : Bach. JEAN PABLO AYA GUILLEN  
"UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN" - TACNA

**PROYECTO** : TESIS "Estudio de suelos con fines de cimentación en las asociaciones de vivienda San Cristobal, San Juan Bosco y San Fernando del Sector VII del Distrito Alto de la Alianza - Región Tacna"

**MUESTRA** : M-4 DEL SONDAJE C-05  
profund. : 3 m.  
clasific. : SM (SUCS)  
estado : inalterado

**ENSAYO** : ENSAYO DE CORTE DIRECTO DE MUESTRA INALTERADA

**NORMAS ENSAYO/REF** : NTP 339.163 (2001) / ASTM D 5333

**FECHA** : OCTUBRE 2014

**Datos del ensayo:**

	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	1.90	1.82	1.90	1.76	1.90	1.89
Diametro (cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Densidad Seca (g/cm3)	1.54	1.61	1.55	1.67	1.55	1.55
Humedad (%)	1.69	1.09	1.45	1.20	1.20	1.20
Esfuerzo Normal (kg/cm2)	0.50		1.00		2.00	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (kg/cm2)	Deformacion Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (kg/cm2)	Deformacion Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.04	0.05	0.12	0.12	0.05	0.34	0.17
0.10	0.04	0.08	0.10	0.18	0.18	0.10	0.39	0.19
0.25	0.07	0.15	0.25	0.32	0.32	0.25	0.43	0.21
0.50	0.13	0.25	0.50	0.41	0.41	0.50	0.48	0.24
0.75	0.18	0.36	0.75	0.47	0.47	0.75	0.51	0.26
1.00	0.21	0.41	1.00	0.50	0.50	1.00	0.55	0.27
1.25	0.23	0.45	1.25	0.53	0.53	1.25	0.58	0.29
1.50	0.25	0.51	1.50	0.54	0.54	1.50	0.62	0.31
1.75	0.27	0.55	1.75	0.57	0.57	1.75	0.67	0.33
2.00	0.29	0.57	2.00	0.62	0.62	2.00	0.71	0.35
2.50	0.31	0.63	2.50	0.66	0.66	2.50	0.77	0.38
3.00	0.34	0.68	3.00	0.68	0.68	3.00	0.81	0.40
3.50	0.35	0.71	3.50	0.69	0.69	3.50	0.84	0.42
4.00	0.37	0.75	4.00	0.71	0.71	4.00	0.88	0.44
4.50	0.39	0.77	4.50	0.71	0.71	4.50	0.89	0.45
5.00	0.39	0.79	5.00	0.72	0.72	5.00	0.92	0.46
6.00	0.39	0.77	6.00	0.71	0.71	6.00	0.96	0.48
7.00	0.37	0.73	7.00	0.69	0.69	7.00	0.98	0.49
8.00	0.33	0.67	8.00	0.63	0.63	8.00	0.98	0.49
9.00	0.31	0.61	9.00	0.60	0.60	9.00	0.95	0.48
10.00	0.31	0.61	10.00	0.59	0.59	10.00	0.94	0.47
11.00	0.30	0.60	11.00	0.57	0.57	11.00	0.94	0.47
12.00	0.30	0.60	12.00	0.57	0.57	12.00	0.95	0.48

**Nota:** La muestra presenta ángulo de fricción 23.1° y coeficiente de cohesión 0.11

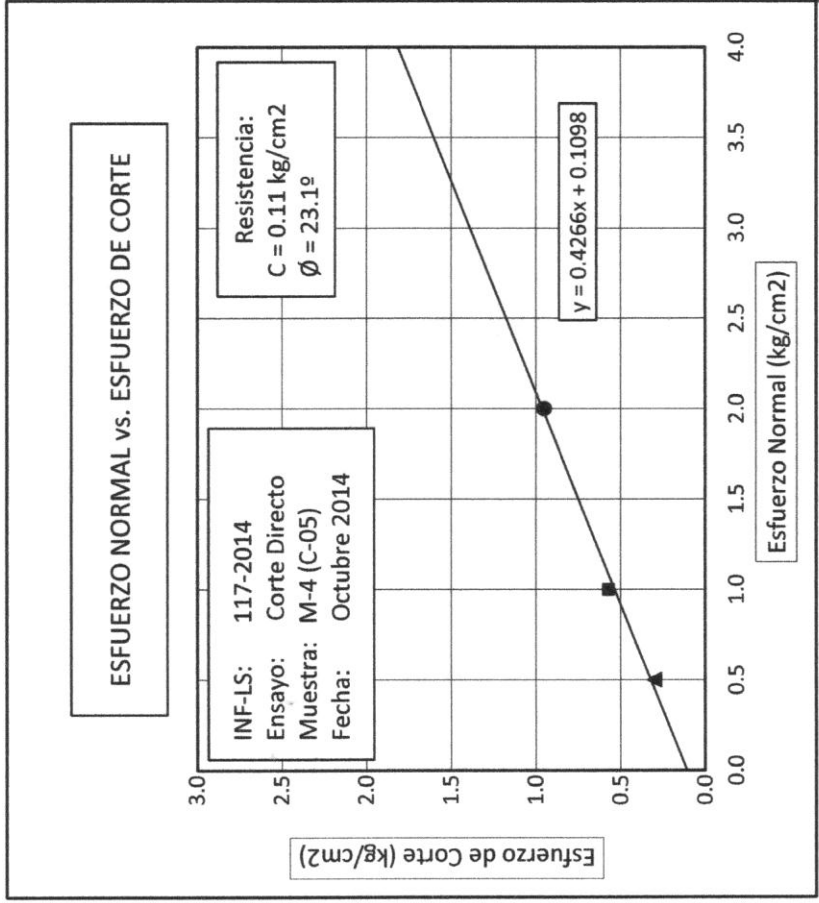
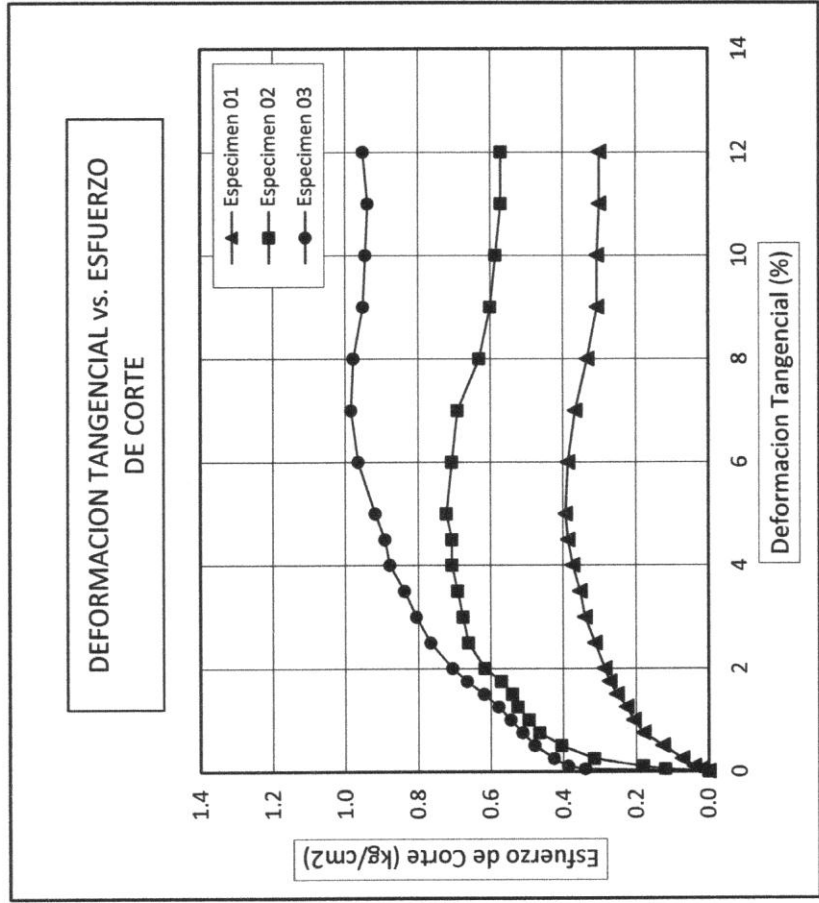
Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio.  
El presente informe consta de trece (13) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y seis (6) registros gráficos, de los ensayos realizados.





# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

## Laboratorio de Mecánica de Suelos - LMS



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(Elaborado por el Cliente, con Personal, Materiales y Especificaciones)

**SOLICITANTE** : Bach. JEAN PABLO AYA GUILLEN  
"UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN" - TACNA

**PROYECTO** : TESIS "Estudio de suelos con fines de cimentación en las asociaciones de vivienda San Cristobal, San Juan Bosco y San Fernando del Sector VII del Distrito Alto de la Alianza - Región Tacna"

**MUESTRA** : M-5 DEL SONDAJE C-06  
profund. : 3 m.  
clasific. : SM (SUCS)  
estado : inalterado

**ENSAYO** : ENSAYO DE CORTE DIRECTO DE MUESTRA INALTERADA

**NORMAS ENSAYO/REF** : NTP 339.163 (2001) / ASTM D 5333

**FECHA** : OCTUBRE 2014

**Datos del ensayo:**

	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	1.90	1.86	1.90	1.79	1.90	1.76
Diametro (cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.55	1.63	1.55	1.62	1.55	1.68
Humedad (%)	4.23	3.85	4.23	4.01	4.23	3.74
Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50		1.00		2.00	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformación Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.12	0.24	0.05	0.31	0.31	0.05	0.21	0.11
0.10	0.14	0.27	0.10	0.33	0.33	0.10	0.09	0.04
0.25	0.14	0.27	0.25	0.35	0.35	0.25	0.35	0.18
0.50	0.15	0.30	0.50	0.39	0.39	0.50	0.44	0.22
0.75	0.15	0.31	0.75	0.40	0.40	0.75	0.49	0.24
1.00	0.16	0.33	1.00	0.42	0.42	1.00	0.54	0.27
1.25	0.17	0.34	1.25	0.43	0.43	1.25	0.58	0.29
1.50	0.18	0.36	1.50	0.45	0.45	1.50	0.59	0.30
1.75	0.19	0.37	1.75	0.48	0.48	1.75	0.63	0.31
2.00	0.20	0.40	2.00	0.50	0.50	2.00	0.64	0.32
2.50	0.21	0.42	2.50	0.54	0.54	2.50	0.68	0.34
3.00	0.22	0.44	3.00	0.58	0.58	3.00	0.73	0.36
3.50	0.22	0.44	3.50	0.59	0.59	3.50	0.77	0.39
4.00	0.22	0.45	4.00	0.61	0.61	4.00	0.81	0.40
4.50	0.22	0.45	4.50	0.63	0.63	4.50	0.86	0.43
5.00	0.21	0.43	5.00	0.62	0.62	5.00	0.88	0.44
6.00	0.22	0.44	6.00	0.59	0.59	6.00	0.88	0.44
7.00	0.21	0.43	7.00	0.58	0.58	7.00	0.86	0.43
8.00	0.21	0.43	8.00	0.57	0.57	8.00	0.86	0.43
9.00	0.21	0.42	9.00	0.56	0.56	9.00	0.85	0.42
10.00	0.21	0.43	10.00	0.58	0.58	10.00	0.87	0.43
11.00	0.21	0.43	11.00	0.58	0.58	11.00	0.87	0.43
12.00	0.21	0.43	12.00	0.58	0.58	12.00	0.87	0.43

**Nota:** La muestra presenta ángulo de fricción 22.5° y coeficiente de cohesión 0.07

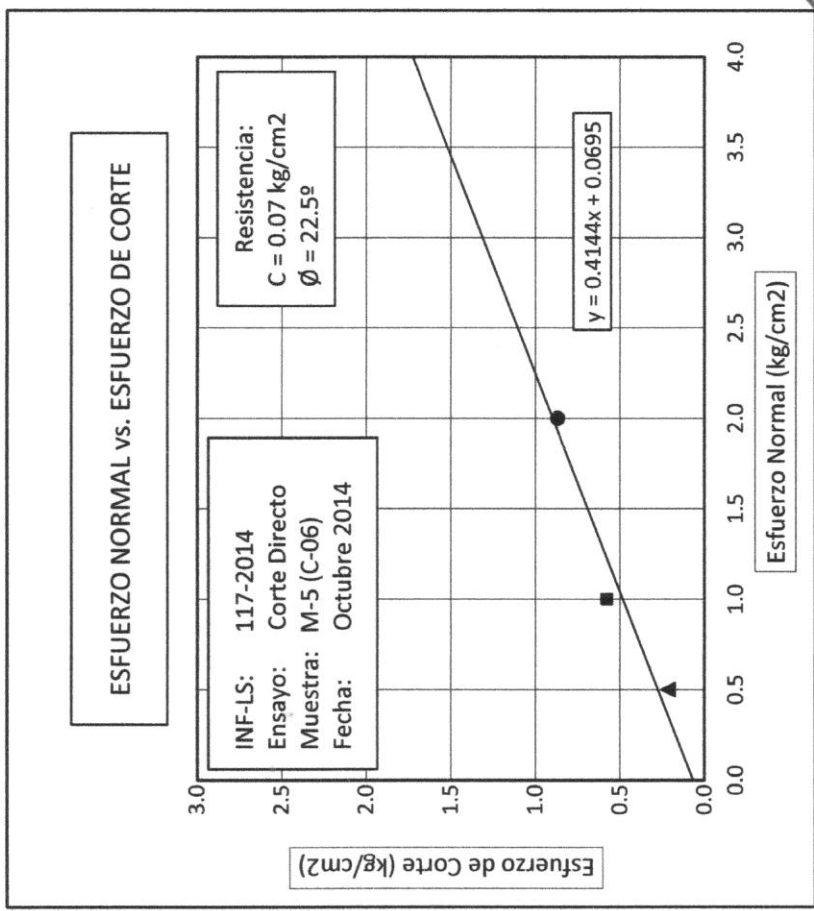
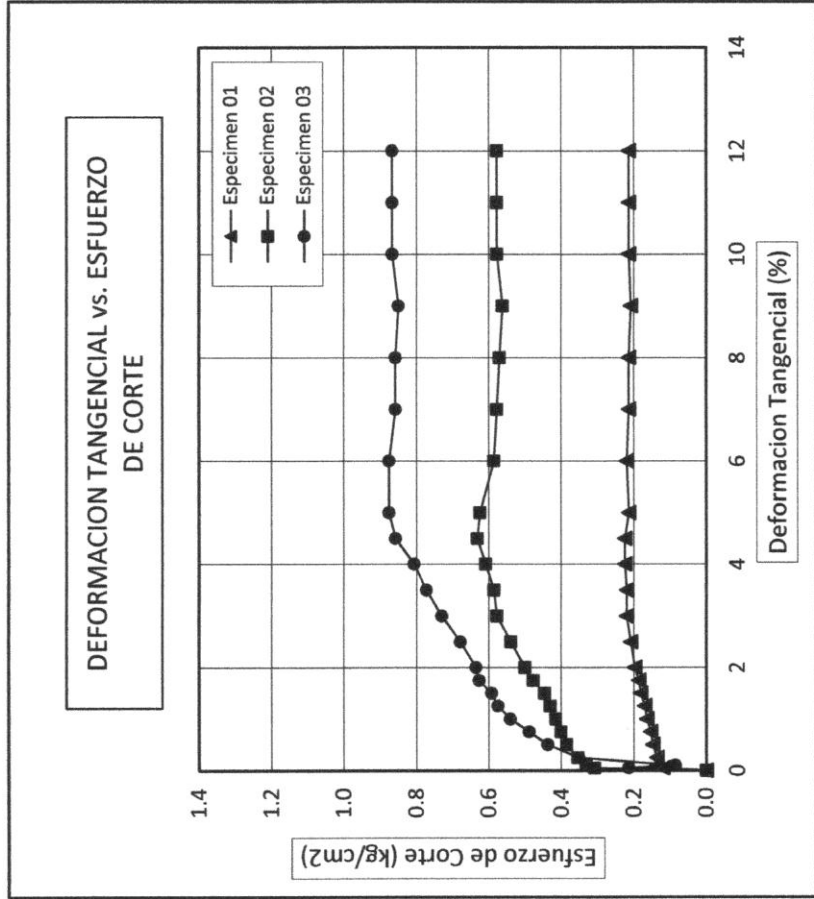
Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio.  
El presente informe consta de trece (13) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y seis (6) registros gráficos, de los ensayos realizados.





# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

## Laboratorio de Mecánica de Suelos - LMS



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(Elaborado por el Cliente, con Personal, Materiales y Especificaciones)

**SOLICITANTE** : Bach. JEAN PABLO AYA GUILLEN  
"UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN" - TACNA

**PROYECTO** : TESIS "Estudio de suelos con fines de cimentación en las asociaciones de vivienda San Cristobal, San Juan Bosco y San Fernando del Sector VII del Distrito Alto de la Alianza - Región Tacna"

**MUESTRA** : M-6 DEL SONDAJE C-08  
profund. : 3 m.  
clasific. : SM (SUCS)  
estado : inalterado

**ENSAYO** : ENSAYO DE CORTE DIRECTO DE MUESTRA INALTERADA

**NORMAS ENSAYO/REF** : NTP 339.163 (2001) / ASTM D 5333

**FECHA** : OCTUBRE 2014

**Datos del ensayo:**

	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	1.90	1.80	1.90	1.81	1.90	1.76
Diametro (cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.55	1.62	1.55	1.68	1.55	1.70
Humedad (%)	4.13	3.21	4.13	3.34	4.13	3.17
Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50		1.00		2.00	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformacion Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformacion Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.03	0.07	0.05	0.11	0.11	0.05	0.27	0.13
0.10	0.03	0.07	0.10	0.14	0.14	0.10	0.32	0.16
0.25	0.05	0.10	0.25	0.15	0.15	0.25	0.41	0.21
0.50	0.05	0.10	0.50	0.19	0.19	0.50	0.50	0.25
0.75	0.08	0.17	0.75	0.22	0.22	0.75	0.56	0.28
1.00	0.10	0.20	1.00	0.24	0.24	1.00	0.61	0.31
1.25	0.10	0.20	1.25	0.27	0.27	1.25	0.66	0.33
1.50	0.12	0.24	1.50	0.31	0.31	1.50	0.71	0.35
1.75	0.15	0.30	1.75	0.33	0.33	1.75	0.74	0.37
2.00	0.17	0.34	2.00	0.39	0.39	2.00	0.78	0.39
2.50	0.19	0.37	2.50	0.40	0.40	2.50	0.84	0.42
3.00	0.22	0.44	3.00	0.45	0.45	3.00	0.90	0.45
3.50	0.22	0.44	3.50	0.50	0.50	3.50	0.94	0.47
4.00	0.22	0.44	4.00	0.54	0.54	4.00	0.98	0.49
4.50	0.22	0.44	4.50	0.54	0.54	4.50	1.00	0.50
5.00	0.22	0.44	5.00	0.50	0.50	5.00	1.02	0.51
6.00	0.22	0.44	6.00	0.51	0.51	6.00	1.01	0.50
7.00	0.22	0.44	7.00	0.51	0.51	7.00	0.98	0.49
8.00	0.22	0.44	8.00	0.51	0.51	8.00	0.96	0.48
9.00	0.22	0.44	9.00	0.51	0.51	9.00	0.92	0.46
10.00	0.22	0.44	10.00	0.52	0.52	10.00	0.91	0.45
11.00	0.22	0.44	11.00	0.52	0.52	11.00	0.88	0.44
12.00	0.22	0.44	12.00	0.54	0.54	12.00	0.87	0.44

**Nota:** La muestra presenta ángulo de fricción 22.9º y coeficiente de cohesión 0.05

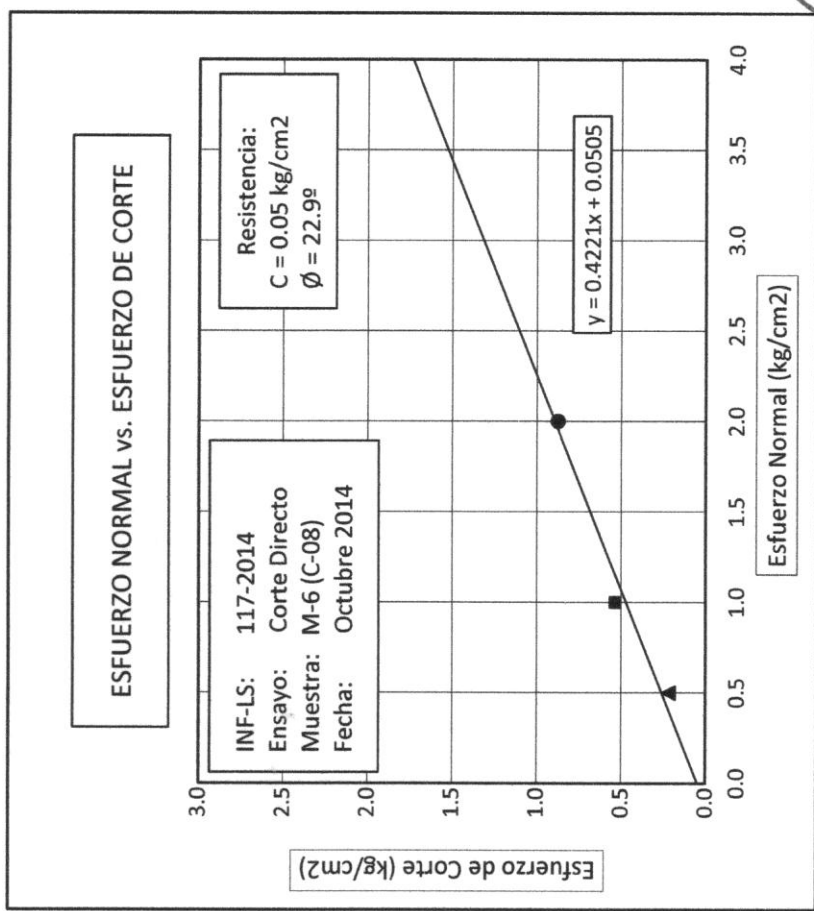
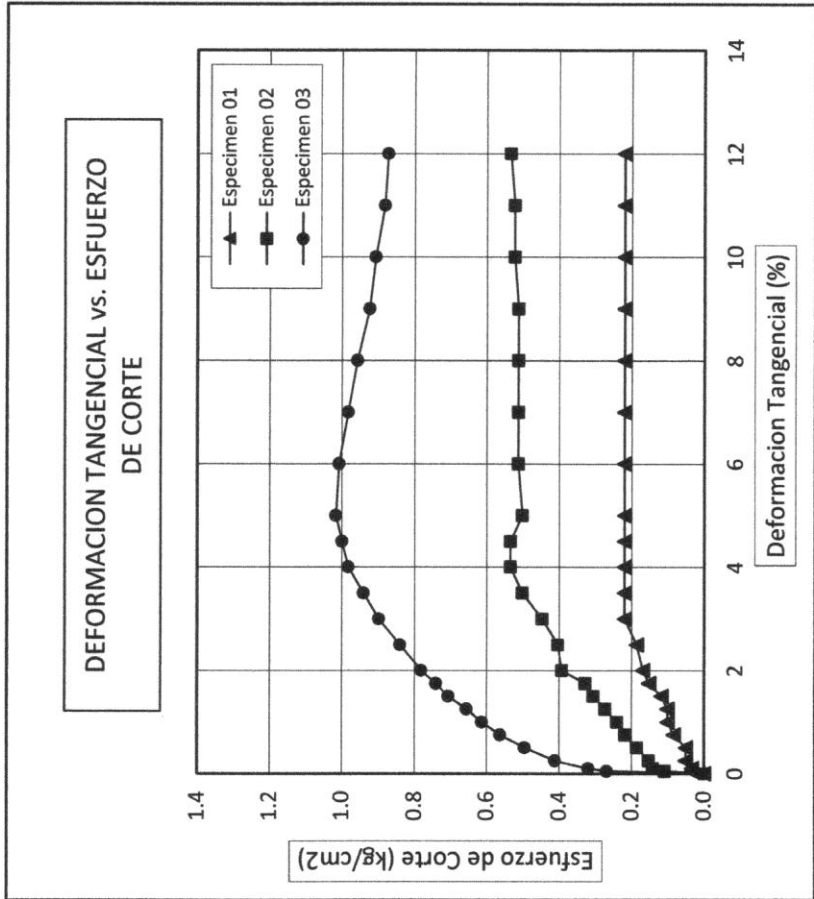
Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio.  
El presente informe consta de trece (13) páginas en total, incluyendo una (1) carátula y seis (6) registros gráficos, de los ensayos realizados.





# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

## Laboratorio de Mecánica de Suelos - LMS

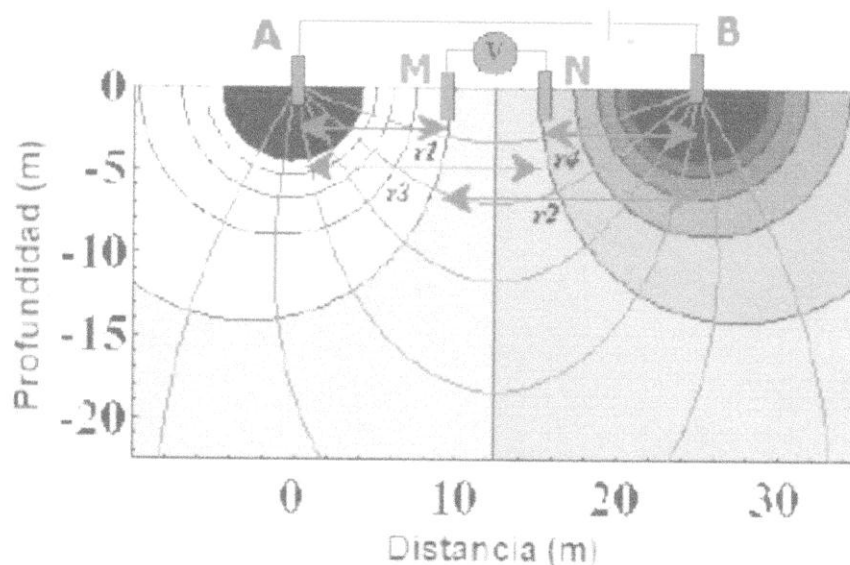


## **ANEXO 02**

INFORME DE ESTUDIO GEOFÍSICO

# ESTUDIO GEOFISICO

"ESTUDIOS DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"



TACNA, SETIEMBRE DEL 2014

*Felix Walther Martin Pacheco Avila*  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 768250

## INTRODUCCIÓN

### CAPITULO I

#### GENERALIDADES

##### 1.1. Ubicación

##### 1.2. Accesibilidad

##### 1.3. Objetivo

###### 1.3.1. Objetivo General

###### 1.3.2. Objetivos Específicos

### CAPÍTULO II

#### MÉTODO DE RESISTIVIDAD

#### SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)

##### 2.1. PRINCIPIO

##### 2.2. FUNDAMENTO DEL SEV

##### 2.3. APLICACIÓN DEL DISPOSITIVO SCHLUMBERGUER SONDEO SCHLUMBERGER

### CAPÍTULO III

#### TRABAJO DE CAMPO Y TRABAJO DE GABINETE

##### 3.1. EQUIPO Y MATERIALES

##### 3.2. TRABAJO DE CAMPO

###### COORDENADAS DEL SEV

##### 3.3. ANÁLISIS DE DATOS

##### 3.4. INTERPRETACIÓN CUALITATIVA

###### SECCIÓN GEOELÉCTRICA A – A':

##### 3.5. INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA

#### CONCLUSIONES

#### RECOMENDACION

#### BIBLIOGRAFÍA


#### ANEXOS

Ubicación de Sondajes Eléctricos Verticales

Zona de estudio

Hojas de campo interpretadas

PANEL FOTOGRAFICO



FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AYALA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## INTRODUCCIÓN

En la zona denominada como pampa Alto Intiorko se realizó un estudio geofísico mediante el método de Resistividad Eléctrica en su variación de Sondajes Eléctrico Verticales (SEVs), cuyo principal objetivo es el de deducir la variación de la resistividad eléctrica con la profundidad, bajo un punto determinado de la superficie terrestre, y relacionarlo con los datos geológicos disponibles (geología de la zona), cabe resaltar que los métodos geofísicos nos brindan información indirecta de la probable estructura del subsuelo en la zona de estudio.

En el presente estudio se realizaron 03 Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) el que tuvo como finalidad de determinar el Estudio de suelos con fines de cimentación en las Asociaciones de vivienda San Cristóbal, San Juan Bosco y San Fernando del sector VII del Distrito Alto de la Alianza-Región.

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AYALA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## CAPITULO I GENERALIDADES

### 1.1. Ubicación

La zona de estudio, se encuentra ubicada en la zona conocida como Pampa Alto Intiorko, políticamente pertenece al distrito, provincia y región de Tacna.

El área de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas DATUM WGS-84:

0366960 E a 8011192 N


0367271 E a 8011150 N

0367150 E a 8010875 N

0366853 E a 8010964 N

### 1.2. Accesibilidad

La zona de estudio es accesible a través de la carretera asfaltada hacia Tarata y a unos 12 km de la ciudad de Tacna, de donde se toma un desvío a la derecha siguiendo un sendero de 100 m. aproximadamente hasta llegar al área de investigación.

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

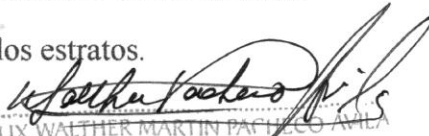
### 1.3. Objetivo

#### 1.3.1. Objetivo General

Determinar en forma indirecta los valores de resistividad de las capas del suelo atravesadas por la corriente eléctrica en una profundidad de 7 m. con la finalidad de cimentación para fines de construcción de las edificaciones de las diferentes asociaciones existentes de la zona de estudio.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades resistivas de cada uno de los estratos.
- Determinar los espesores de cada uno de los estratos.



FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## CAPÍTULO II

### MÉTODO DE RESISTIVIDAD

### SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)

El método consiste en la inyección de corriente continua en el terreno mediante un par de electrodos y la determinación mediante otro par de electrodos la diferencia de potencial.

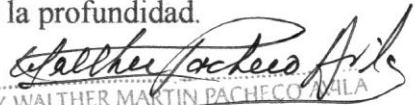
Relacionando las medidas de los SEV de un perfil, es posible establecer la existencia en el subsuelo de diferentes capas geoelectricas, las cuales representan estratos o formaciones geológicas, cuya naturaleza puede deducirse de la resistividad de cada una, con apoyo de las informaciones geológicas en forma amplia.

La magnitud de esta medida depende, entre otras variables, de la distribución de resistividades de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y de la corriente inyectada.

Los Métodos geofísicos de superficie permiten un reconocimiento rápido y eficaz del subsuelo. La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie. Se utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado.

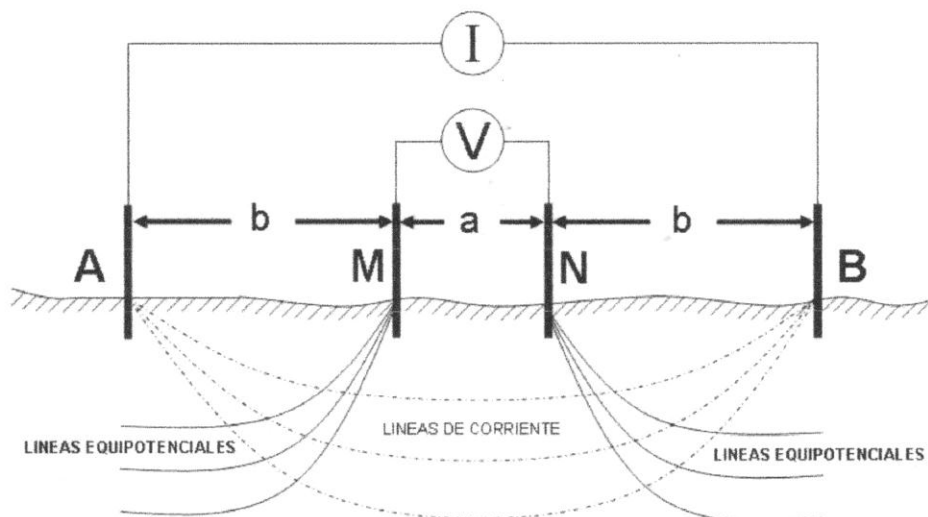
#### 2.1. PRINCIPIO

Medir la resistividad vertical del terreno en función de la profundidad.

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO VALA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## 2.2. FUNDAMENTO DEL SEV

La resistividad del subsuelo es un parámetro extremadamente diferenciado, su rango de valores en ohmios-metro ( $\Omega\text{-m}$ ), depende de las variables geotécnicas del material que atraviesa la corriente eléctrica. Para la evaluación de la resistividad aparente ( $\rho_a$ ) de un terreno se aplica un dispositivo que comprende dos circuitos. Uno de emisión A y B y el otro de recepción M y N, en conjunto constituyen un cuadripolo.



**Figura N° 01:** Disposición de los electrodos de corriente (A y B) y de los electrodos de potencia (M y N), sobre un medio homogéneo.

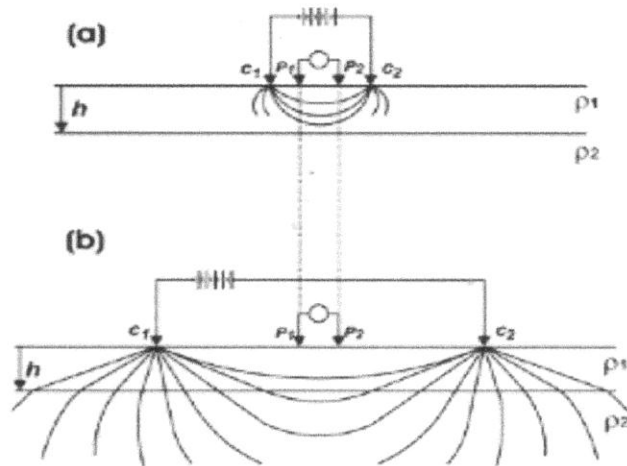
A medida que A y B se separan, la corriente va penetrando en las capas más profundas. La profundidad de penetración de la corriente eléctrica depende de la separación de los electrodos inyectores AB, si la distancia entre los electrodos AB aumenta, la corriente circula a mayor profundidad pero su densidad disminuye, sin embargo, no es posible fijar una profundidad límite por debajo de la cual el subsuelo no influye en el SEV, ya que la densidad de corriente disminuye de modo suave y gradual, sin anularse nunca.

*Felix Walther Martin Pacheco Avila*  
 FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
 INGENIERO GEOFISICO  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

Un SEV permite determinar el perfil estratigráfico a partir de la resistividad eléctrica de cada estrato. Se puede realizar en las modalidades Schlumberger y Wenner.

Las principales aplicaciones son:

- Detección de acuíferos.
- Calificación del estado del basamento rocoso.
- Perfilaje estratigráfico, etc.



**Figura N° 02: a.** A menor distancia de los electrodos C1C2 (AB) la profundidad es menor.

**b.** A mayor distancia de los electrodos C1C2 (AB) la profundidad es mayor.

### 2.3. APLICACIÓN DEL DISPOSITIVO SCHLUMBERGUER

Experimentalmente, el SEV consiste en aumentar progresivamente la distancia entre los electrodos manteniendo un punto central fijo (punto entre M y N).

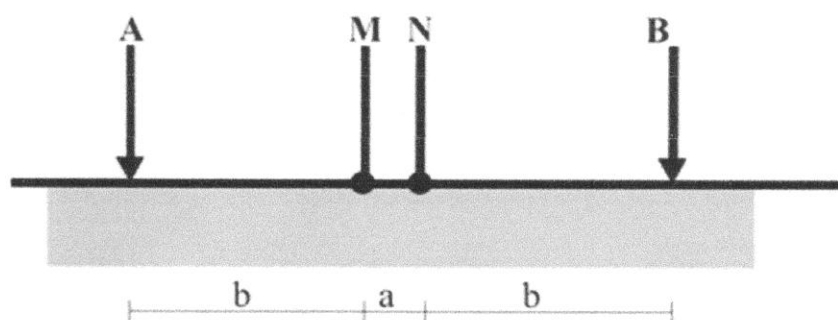
*Felix Walther Martin Pacheco Milla*  
 FELIX WALTHER MARTIN PACHECO MILLA  
 INGENIERO GEOFISICO  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## SONDEO SCHLUMBERGER

Dado el dispositivo Schlumberger AMNB con  $AB \gg MN$ , el sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectoros A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo. La representación de este sondeo muestra en ordenadas  $\rho_a$  ( $\Omega\text{-m}$ ) y en abscisas la distancia  $AB/2$  (m).

Consiste básicamente en emitir al terreno corriente continua o pulsante de baja frecuencia a través de los electrodos (A y B) dispuestos en forma simétrica respecto del punto de atribución; y medir la diferencia de potencial ( $\Delta V$ ) a través de otro par de recepción (M y N) dispuestos de igual forma.

El subsuelo actúa como impedancia, de tal forma que, al variar la separación interelectrónica ello implicará, por una parte abarcar un mayor volumen de terreno entre los electrodos, lo que modificará la impedancia (resistividad aparente) y por otra, una mayor profundidad de penetración de la corriente en el subsuelo, con aumento de la profundidad de investigación.



**Figura N° 03:** Dispositivo SCHLUMBERGER, donde A y B son electrodos de corriente, M y N son electrodos de potencial, a es el espaciamento de los electrodos de potencial, b es el espaciamento medio de los electrodos de corriente, los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## CAPÍTULO III

### TRABAJO DE CAMPO Y TRABAJO DE GABINETE

#### 3.1. EQUIPO Y MATERIALES

- Georesistivímetro digital
- 02 carretes de cables eléctricos de 100 m c/u para A y B.
- 01 carrete de cable eléctrico para M y N
- 02 combas
- 08 electrodos de acero inoxidable.
- 01 GPS (Sistema Posicional Geográfico)
- Maletín de herramientas.

#### 3.2. TRABAJO DE CAMPO

Se realizó 03 Sondaje Eléctrico Vertical (SEV) en el que se usó el dispositivo **SCHLUMBERGER** que consistió en aplicar corriente al terreno y recibir una respuesta como diferencia de potencial. A partir de los datos de corriente y "AB" (separación entre los electrodos de corriente) se obtiene la curva "Ra v/s AB/2" que resume la información geoelectrica del terreno, el SEV se realizó en un punto específico en las siguientes coordenadas:

#### COORDENADAS DEL SEV

SEV	ESTE	NORTE
1	0367150	8010880
2	0367058	8011061
3	0366969	8011146

Tabla N° 1: Coordenadas de ubicación del SEV, DATUM WGS-84.

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

### 3.3. ANÁLISIS DE DATOS

El Sondaje Eléctrico Vertical (SEV), fue procesado con el software IPI2WIN de MOSCOW STATE UNIVERSITY, para realizar la columna geoelectrica se usó el software AUTOCAD de AUTODESK.

### 3.4. INTERPRETACIÓN CUALITATIVA

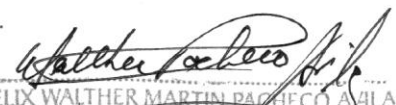
Con los Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) realizados, se confeccionó una sección geoelectrica, dicha sección geoelectrica proporcionó información indirecta de cómo se encuentra el subsuelo para la cimentación.

#### SECCIÓN GEOELÉCTRICA A – A’:

La sección **geoelectrica A – A’**, está conformada por los sondajes eléctricos verticales (SEVs) 01, 02, y 03 con una orientación Norte Oeste – Sur Este. La sección tiene una longitud de 323 m. aproximadamente, compuesta por cuatro horizontes los cuales se describen de la siguiente manera:

El **Primer Horizonte H<sub>1</sub>**.- Corresponde al material superficial de uno a dos estratos pequeños el que estaría compuesto por arenas y limos en estado seco permeable, con resistividades que van desde los 531  $\Omega$ -m (SEV 01) hasta los 5957  $\Omega$ -m (SEV 03), con espesores que sumados llegan a 0.90 m. en el SEV 03 y a 1.6 m. en el (SEV 01). El cambio drástico de resistividad se debe a que, el material se encuentra extremadamente seco.

**Segundo Horizonte H<sub>2</sub>**.- Subyaciendo al anterior horizonte geoelectrico se presenta un horizonte de mayor potencia que el anterior, el que varía de 1.9 m. en la suma de sus espesores (SEV 02) y a 3.3 m. en el (SEV 03). Presenta el horizonte geoelectrico un rango de resistividades entre 31  $\Omega$ -m. a 87  $\Omega$ -m. (SEV 02) a 58  $\Omega$ -m. (SEV 03), estaría compuesto por depósitos de arenas medias y finas en estado seco permeable, tal vez con presencia de sales.

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

**Tercer Horizonte H<sub>3</sub>.** Con una resistividad entre 9  $\Omega$ -m (SEV 02) a 22  $\Omega$ -m. (SEV 03) y con un espesor de 11.6 m. (SEV 03) a 13.4 m. (SEV 02) y estaría constituido por depósitos de relleno como tobas redepositadas de cenizas, arenas limosas y arcillas de características semipermeables en estado seco. En este horizonte también se aprecia que en el (SEV 01) se encuentra una resistividad de 167.8 Ohm-m relacionado probablemente a cantos rodados, gravas y arenas en estado seco con un espesor de 4.6 m.

**Cuarto Horizonte H<sub>4</sub>.** El cual probablemente estaría constituido por resistividad entre 156  $\Omega$ -m (SEV 03) a 395  $\Omega$ -m. (SEV 02) y de espesores indeterminado, los que probablemente indicarían presencia de tobas compactas y fracturadas de material seco semipermeable e impermeable.

### 3.5. INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA

Para la interpretación cuantitativa se ha trabajado con en el software IPI2WIN de MOSCOW STATE UNIVERSITY, para ajustar los datos obtenidos, donde se halló las diferentes resistividades en  $\Omega$ -m y espesores para el SEV. en metros.

**Tabla N° 2:** Tabla de Resistividades y Espesores de los Horizontes Geoelectricos.

SEV	R <sub>1</sub> ( $\Omega$ -m)	E <sub>1</sub> (m)	R <sub>2</sub> ( $\Omega$ -m)	E <sub>2</sub> (m)	R <sub>3</sub> ( $\Omega$ -m)	E <sub>3</sub> (m)	R <sub>3</sub> ( $\Omega$ -m)
01	531/1593	0.3/1.3	167.8	4.6	293	11.08	73
02			31/87	0.5/1.4	9	13.4	395
03	2114/5957	0.3/0.6	58	3.3	22	11.6	156

**Dónde:**

SEV sondaje eléctrico vertical

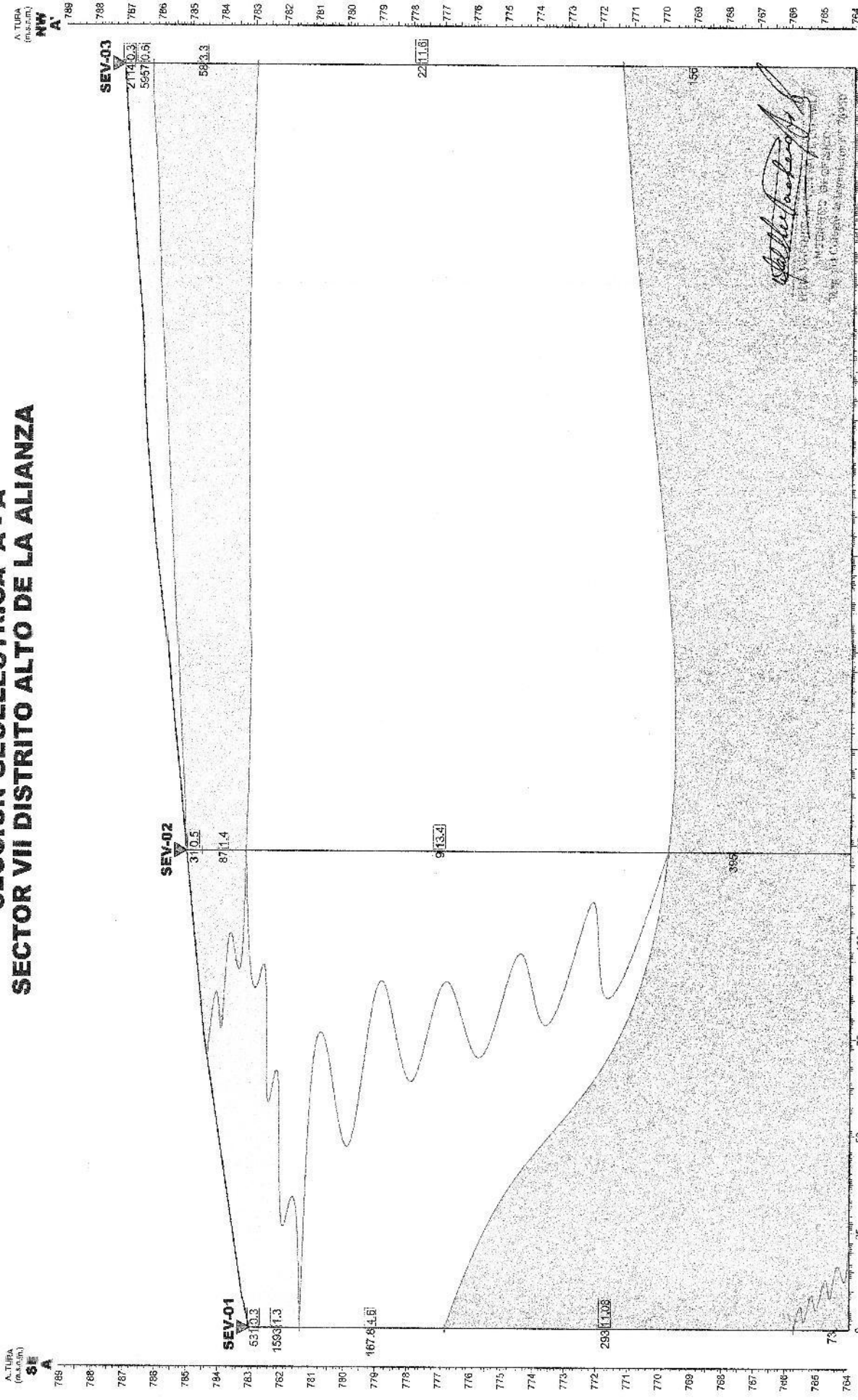
R es la resistividad verdadera en  $\Omega$ -m

E es el espesor de los horizontes geoelectricos en metros.

  
 FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AMALA  
 INGENIERO GEOFISICO  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

# SECCIÓN GEOELÉCTRICA A - A'

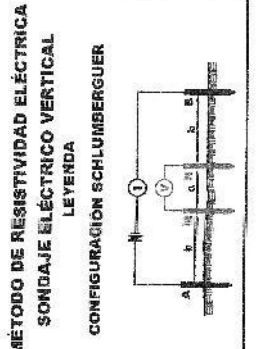
## SECTOR VII DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA



<b>Nº Leyenda:</b> <b>PG-01</b>	
<b>Ubicación:</b> Región : TACNA Prov. : TACNA Dist. : ALTO DE LA ALIANZA	
<b>TEMA DE ESTUDIO:</b> ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE OMENTACION EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA	
<b>PLANO:</b>	
<b>CAD:</b> J.R.O.C.	<b>Escala Horizontal:</b> 1:10
<b>Elaborador:</b> Ing. W. PACHECO A.	<b>Revisado:</b> 1:125
<b>Fecha:</b> SEPTIEMBRE - 2014	<b>Aprobado:</b>
<b>SECCIÓN GEOELÉCTRICA A-A'</b>	

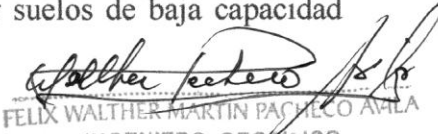
<b>SIMBOLOGÍA</b>	
<b>BEV-01</b> ▽	Sondaje Eléctrico Vertical
200	Resistividad en Ohm - metro
[Z]	Espesor en metros
)	Contacto Geoelectrífico
⚡	Zona de Anomalía

<b>LEYENDA</b>	
□	Depositos de arenas con limos en estado seco (permeable).
□	Depositos de arenas medias y finas en estado seco (permeable).
□	Deposito de relleno constituido por: tobas recópositadas, cenizas, arenas limosas, semi permeable en estado seco.
□	Constituido por tobas compactas y fracturadas.




## CONCLUSIONES

- Los materiales presentes en el subsuelo de acuerdo a los valores de resistividades obtenidos son de carácter permeable y semipermeable en estado seco.
- Con los Sondajes Eléctricos Verticales obtenidos, se ha confeccionado una sección geoelectrica, la cual está constituida por 04 horizontes geoelectricos.
- El primer horizonte  $H_1$ , estaría compuesto principalmente por gravas, arenas y limos en estado seco hasta una profundidad aproximada de 0.9 m en el (SEV 03) y de 1.6 m. en el (SEV 01) con resistividad de 531 y 1593  $\Omega$ -m (SEV 01) a 2114 a 5957  $\Omega$ -m (SEV 03). El segundo horizonte  $H_2$ , estaría conformado por uno a dos estratos, con resistividad que varía de 31 $\Omega$ -m a 87  $\Omega$ -m (SEV 02) a 58  $\Omega$ -m (SEV 03) y espesores que varían desde los 1.9 m. (SEV 02) a 3.3 m. en la suma de sus estratos (SEV 03) y estaría constituido probablemente por arenas medias y finas en estado secos permeable. El tercer horizonte  $H_3$ , con resistividades de 9  $\Omega$ -m (SEV 02) a 22  $\Omega$ -m (SEV 03) y con espesores de 11.6 m. (SEV 03) a 13.4 m. (SEV 02) y estaría compuesto por depósitos de arenas medias y finas en estado seco (permeable).  $H_4$  compuesto probablemente por materiales secos semipermeables de tobas redepositadas (constituidas por arenas limosas).
- En forma general los valores obtenidos del subsuelo mediante los sondajes eléctricos verticales indicarían materiales no buenos para la construcción de edificaciones por ser suelos de baja capacidad portante debido a su baja compacidad.

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## RECOMENDACION

Se recomienda hacer calicatas al detalle con la finalidad de realizar estudios de suelos para realizar una buena cimentación para las futuras construcciones que se puedan efectuar en la zona de estudio.



FELIX WAUTER MARTIN PACHECO OÑALA  
INGENIERO GEOPISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## BIBLIOGRAFÍA

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Ernesto Orellana</b>         | Prospección Geoeléctrica                |
| <b>J. L. Astier</b>             | Geofísica Aplicada a la Hidrogeología   |
| <b>José Cantos Figuerola</b>    | Tratado de Geofísica Aplicada           |
| <b>Milton Dobrín</b>            | Introducción a la Prospección Geofísica |
| <b>V. Iakoubovskii - Liajov</b> | Exploración Eléctrica                   |
| <b>Benjamín Howel</b>           | Introducción a la Geofísica             |
| <b>Ernesto Orellana</b>         | Prospección Geoeléctrica                |

  
FELIX WALTHER MARTIN DE PECO ABILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

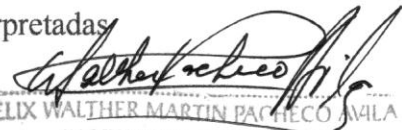
# ANEXOS

  
FELIX WALTHER MARTIN PAUCOCO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

- Ubicación de Sondajes Eléctricos Verticales

- Zona de estudio

- Hojas de campo interpretadas



FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76959



PLANO DE UBICACION ESC.: 1/80,000

**LEYENDA**

- S.E.V.
- ~ LINEA DE DRENAJE
- ~ CAUCE DE RIO
- SECCION GEOELECTRICA 'A'
- ~ VIA ASFALTADA
- ~ VIA AFIRMADA
- ~ VIA CARROZABLE
- ~ VIA DE HERRADURA
- ~ VIA FERREA

TEMA: "ESTUDIOS DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA"

Escala: 1/2000  
Fecha: SETIEMBRE 2014  
Proy. Tercera Edic. Actualiz.

**MAPA DE UBICACION DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES**

Elaborado: J. R. O. C.	Datum: WGS84-ZONA 19 S.	Escala: 1/2000	Proy. Tercera Edic. Actualiz.
Revisado: ING. W. FALGOUTA.	Revisado:	Revisado:	Revisado:

**CUADRO DE COORDENADAS WGS84, 19 Sur**

N° S.E.V.	ESTE	NORTE
SEV 1	367150	8010880
SEV 2	367058	8011061
SEV 3	366969	8011146

Escala Grafica  
0 40 80 120 160  
Metros  
Datum WGS84, 19 Sur

*Felix Walthner Martin*  
FELIX WALTHER MARTIN PARRA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

# ZONA DE ESTUDIO

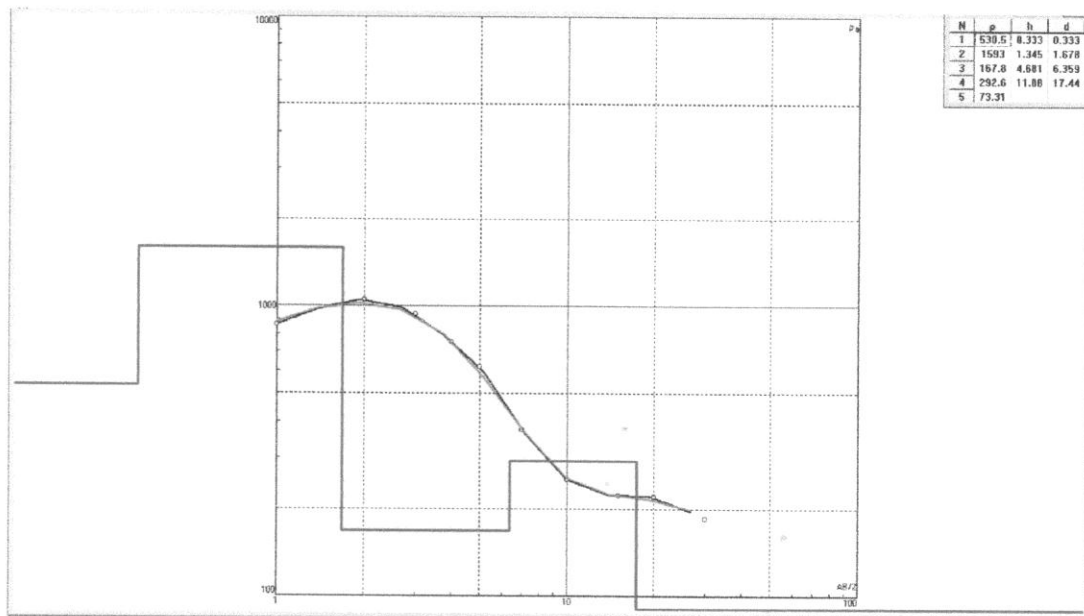


*Walter Paredes*  
FELIX WALTHER MARTIN PAREDES  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

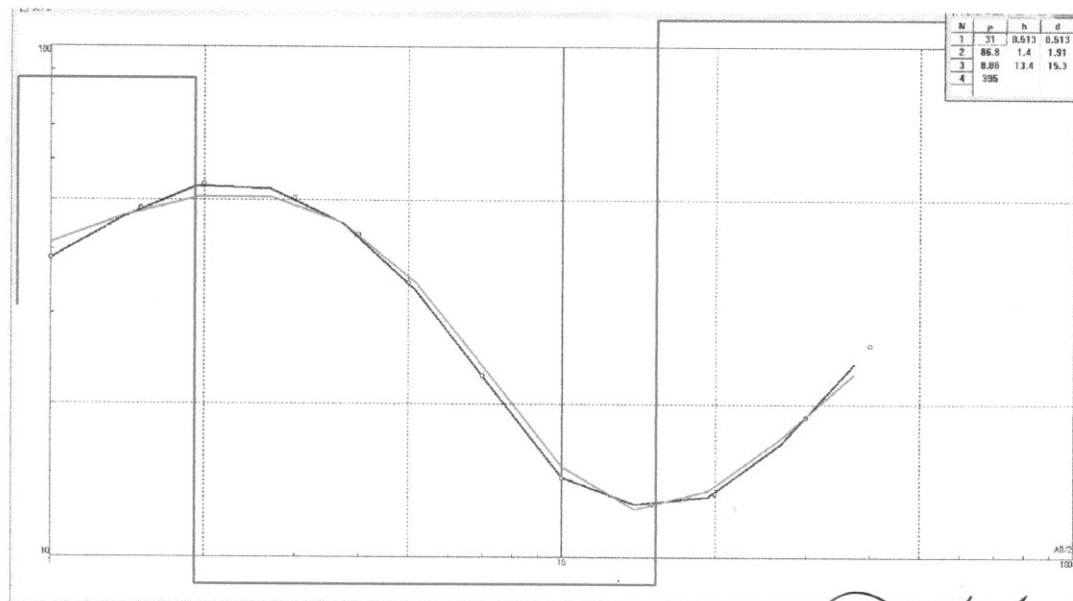
**ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA-REGION TACNA**

**HOJAS DE CAMPO INTERPRETADAS**

**SEV 01**



**SEV 02**

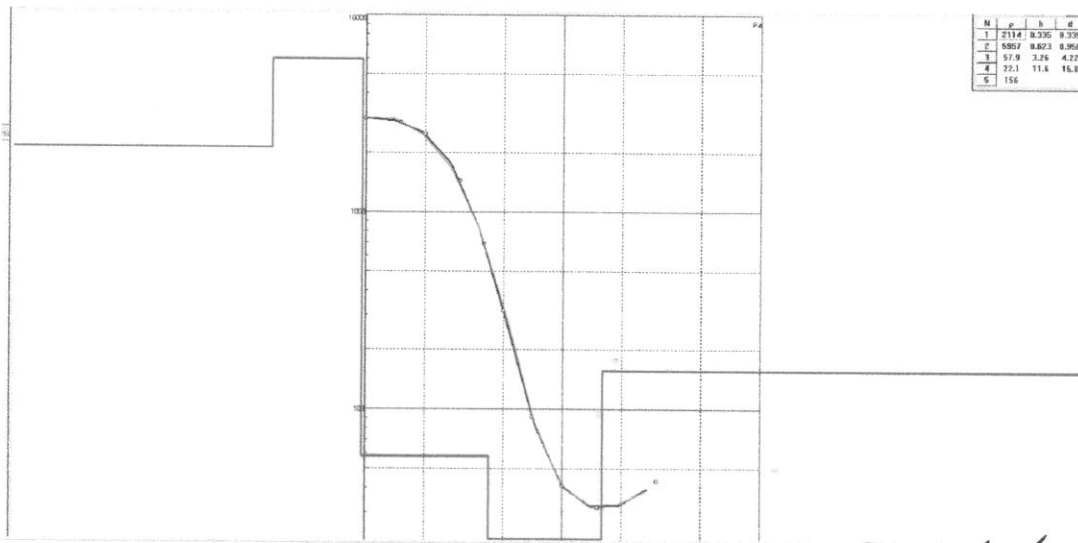


*Felix Walther Martin Pacheco Avila*  
**FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA**  
**INGENIERO GEOFISICO**  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

**ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA-REGION TACNA**

**HOJA DE CAMPO INTERPRETADAS**

**SEV 03**



*Felix Walther Martin Pacheco Amila*  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AMILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## PANEL DE FOTOS



Foto N° 01.- Sondaje eléctrico vertical (SEV) N° 01, efectuado al borde del Cerro Intiorko sobre depósitos eólicos y depósitos redepositados producidos por la meteorización de la zona.



Foto N° 02.- Técnicos realizando la configuración tetraeléctrica del SEV. N°01 para empezar la lecturas del subsuelo, al fondo se aprecia la ciudad de Tacna.

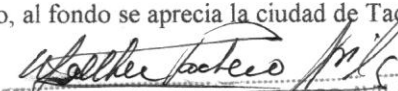
  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950



Foto N° 03.- Equipo de resistividad eléctrica marca para realizar el sondaje eléctrico vertical



Foto N° 04.- Vista del Sondaje eléctrico vertical N° 02 efectuado sobre material de relleno.

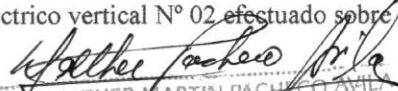
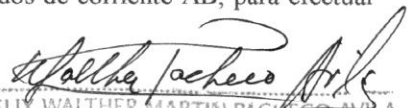
  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AMIL  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950



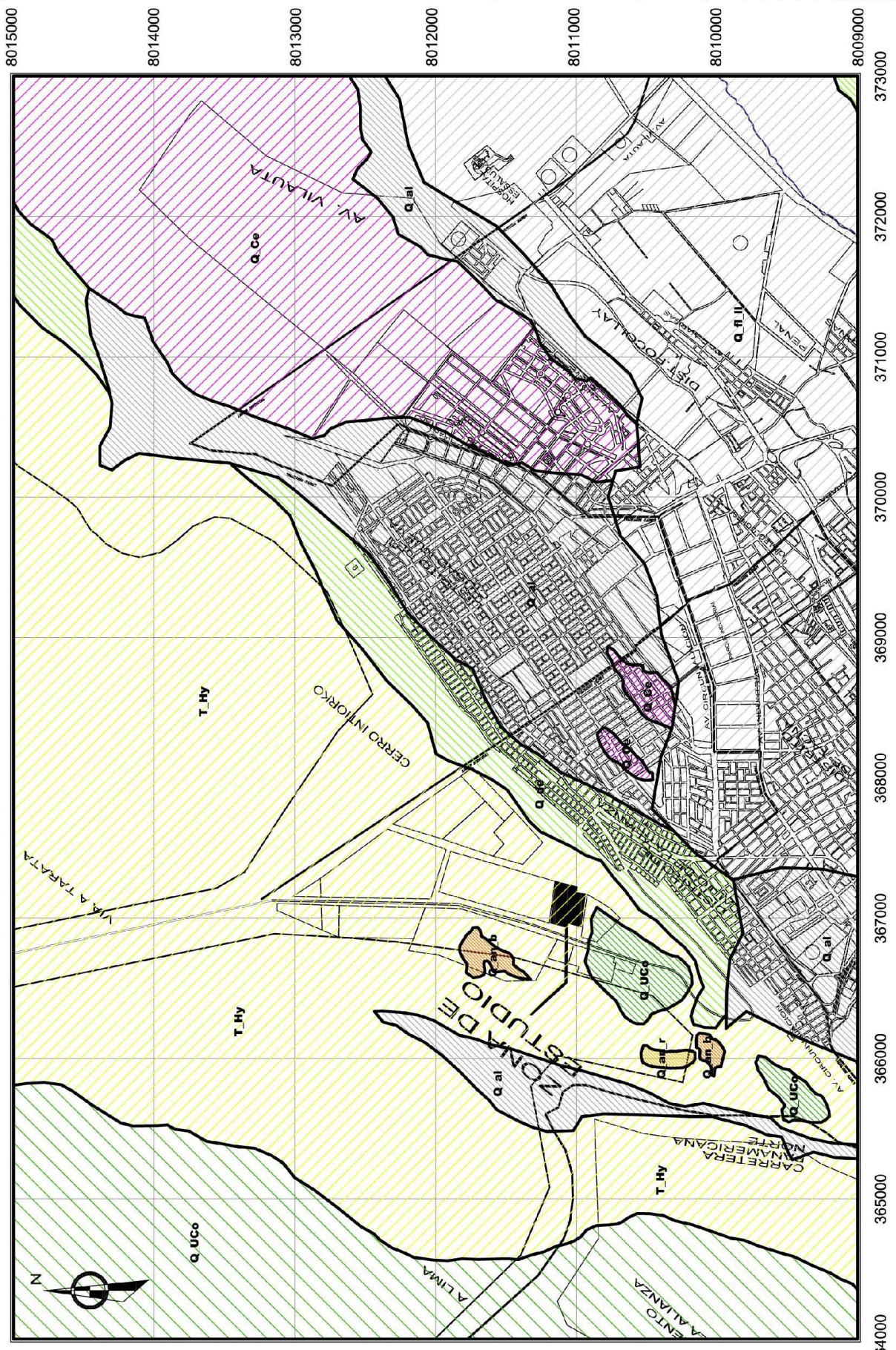
Foto N° 05.- Sondaje eléctrico vertical N° 03, personal de apoyo esperando la orden para realizar el cambio de los electrodos de corriente AB, para efectuar la siguiente lectura en la zona de estudio.

  
FELIX WALTHER MARTIN PACHECO AVILA  
INGENIERO GEOFISICO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76950

## **ANEXO 03**

PLANOS DE UBICACIÓN Y ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA





**SIMBOLOGÍA**

Q_UCo	Q_de
T_Hy	Q_an_r
Q_al	Q_Ce
Q_an_b	Q_fl_II

Q_UCo	Unidad conglomerádica
T_Hy	Formación Huayllillas
Q_al	Depósitos aluviales
Q_an_b	Depósitos antropogénicos de basura
Q_de	Depósitos deluviales
Q_an_r	Depósitos antropogénicos de relleno
Q_Ce	Ceniza volcánica
Q_fl_II	Depósitos fluviales de llanura de inundación

**PLANO GEOLÓGICO**

ESCALA 1/20000

8015000

8014000

8013000

8012000

8011000

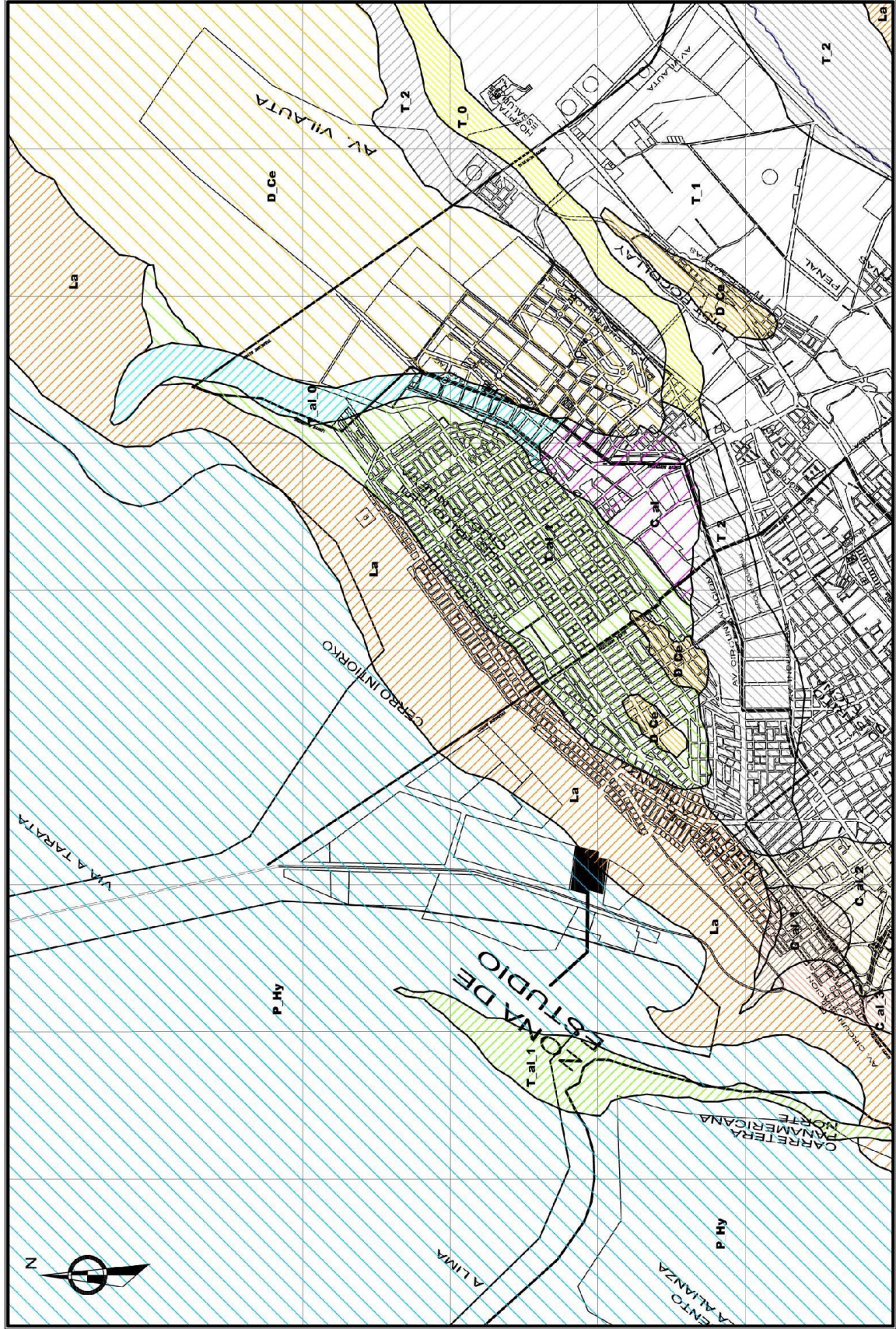
8010000

8009000

373000  
372000  
371000  
370000  
369000  
368000  
367000  
366000  
365000  
364000



8015000 8014000 8013000 8012000 8011000 8010000 8009000  
 373000 372000 371000 370000 369000 368000 367000 366000 365000 364000



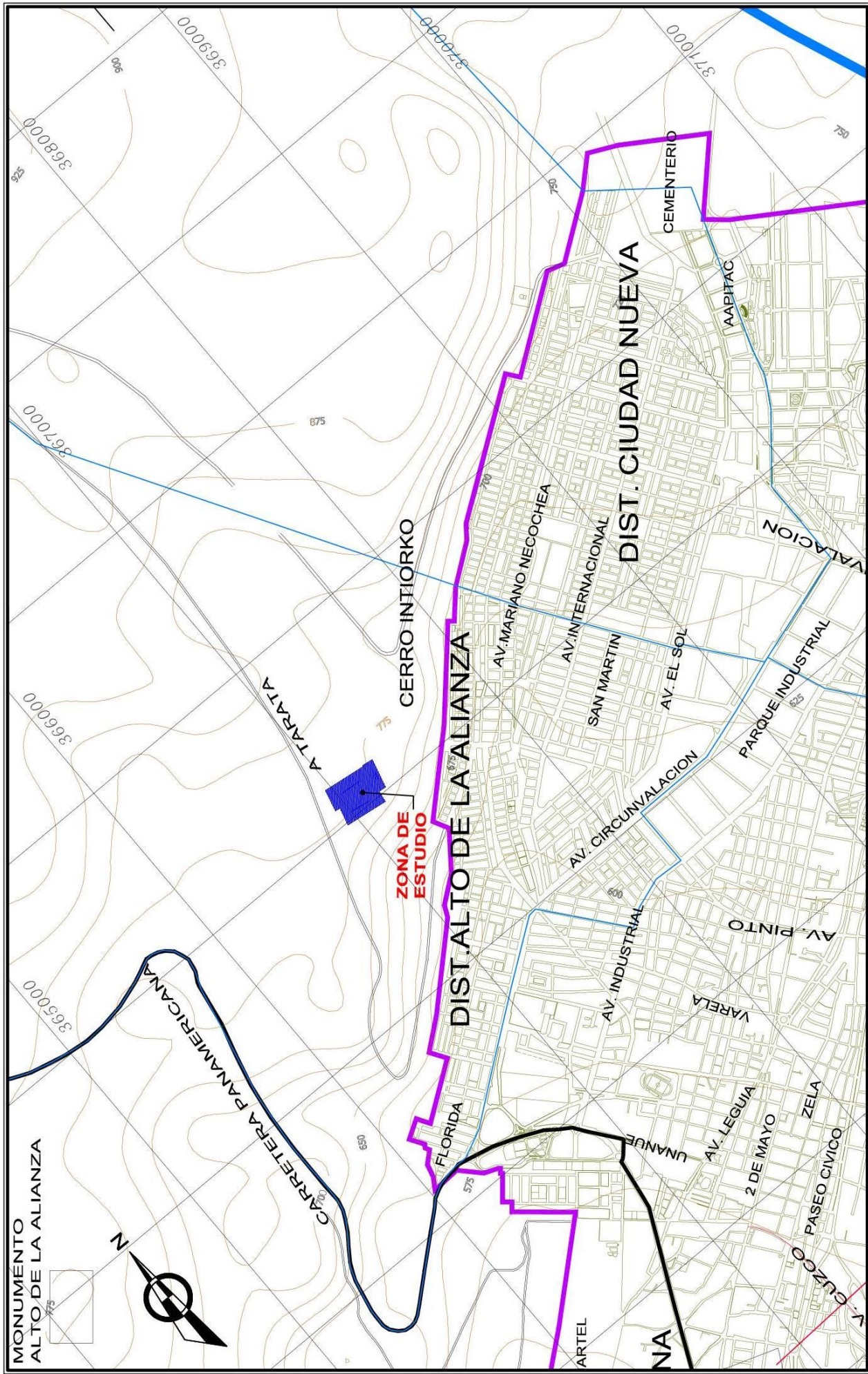
**SIMBOLOGÍA**

P_Hy	C_al_3
T_al_1	C_al_2
La	C_al_1
D_Ce	C_al
T_al_0	T_0
T_1	T_2

P_Hy	Planicie Huvillitas
T_al_1	Terraza aluvial
La	Laderas
D_Ce	Depósitos de cenizas
T_al_0	Terraza aluvial reciente
T_1	Terraza fluvial 1
C_al_3	Cono aluvial 3
C_al_2	Cono aluvial 2
C_al_1	Cono aluvial 1
C_al	Cono aluvial
T_0	Terraza fluvial reciente
T_2	Terraza fluvial 2

**PLANO GEOMORFOLÓGICO**

ESCALA 1/20000



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGION TACNA.

PROYECTO: UBICACION Y LOCALIZACION

PLANO: TOPOGRAFIA

TEJISTA: DASH, JUAN PABLO VA GUELLIN  
 ASISOR: ING. EDGAR CHURA ARCOPIPA  
 CAD: DASH, JUAN PABLO VA GUELLIN  
 ESCALA: JUL. 2015

OBSERVACIONES:

LAMINA:

U-04

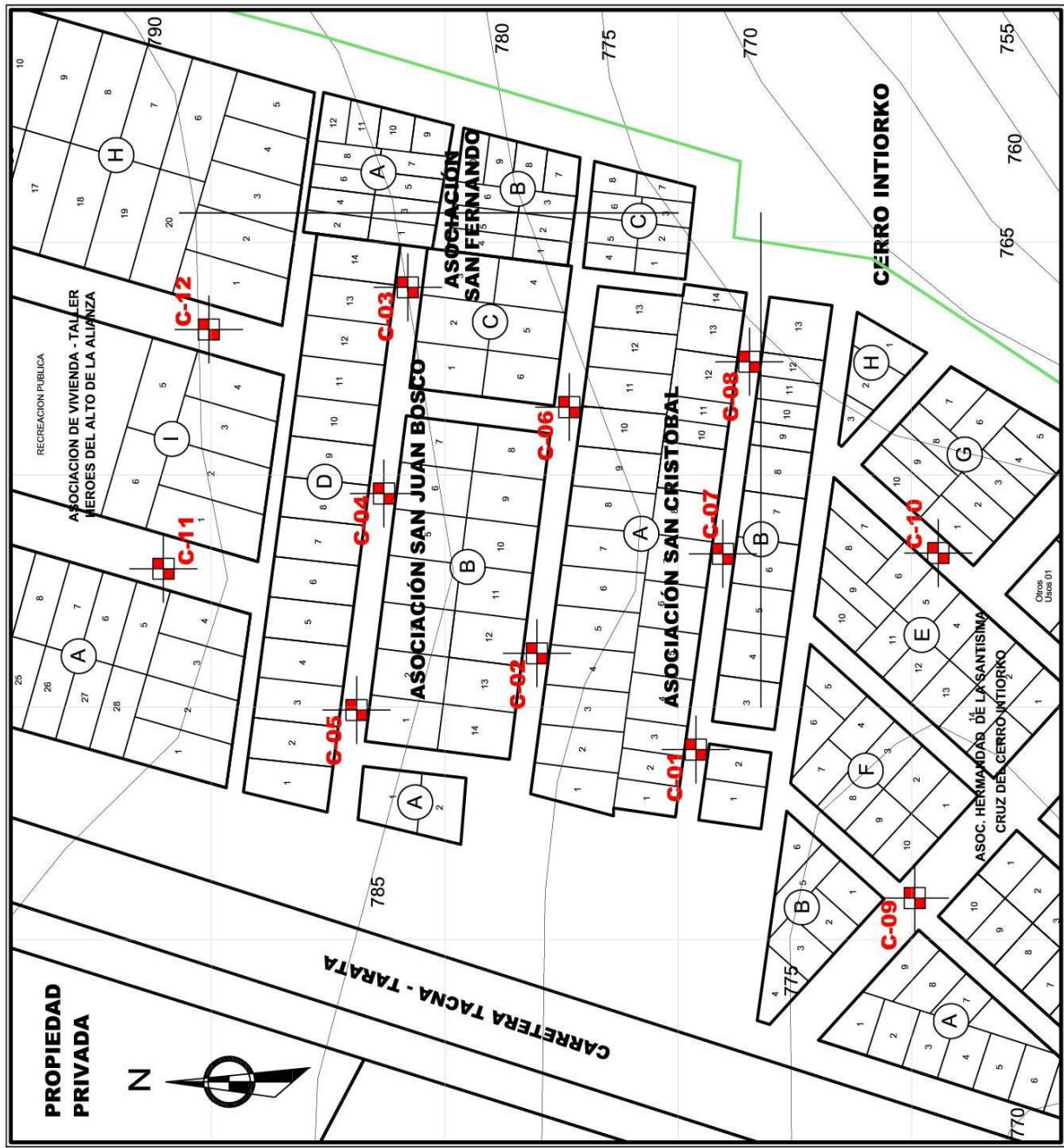
366800

367000

367100

367200

367300



PROPIEDAD  
PRIVADA



CARRETERA TACNA - TARATA

CERRO INTIORKO

ASOC. HERMANDAD DE LA SANTISIMA  
CRUZ DEL CERRO INTIORKO

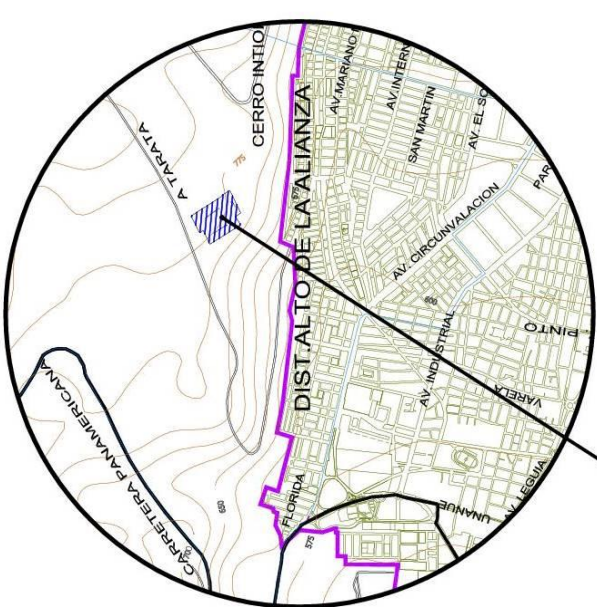
ASOCIACIÓN SAN JUAN BOSCO

ASOCIACIÓN  
SAN CRISTOBAL

ASOCIACIÓN  
HERMANOS DEL ALTO DE LA ALIANZA

RECREACION PUBLICA  
ASOCIACIÓN DE VIVIENDA - TALLER  
HEROES DEL ALTO DE LA ALIANZA

8011200 8011100 8010900



### UBICACIÓN

ESCALA 1/35000

### CUADRO DE COORDENADAS (UTM - WGS84)

DESCRIPCIÓN	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
CALICATA 01	366 981	8010 992	786
CALICATA 02	367 023	8011 066	787
CALICATA 03	367 181	8011 115	785
CALICATA 04	367 092	8011 126	788
CALICATA 05	366 999	8011 137	791
CALICATA 06	367 129	8011 046	783
CALICATA 07	367 066	8010 980	782
CALICATA 08	367 148	8010 969	776
CALICATA 09	366 917	8010 898	779
CALICATA 10	367 066	8010 888	775
CALICATA 11	367 059	8011 220	795
CALICATA 12	367 162	8011 201	792

367200

367100

367000

366900

### UBICACIÓN DE CALICATAS

ESCALA 1/2000



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE CALICATAS

TEMA: ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN EN LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SAN CRISTOBAL, SAN JUAN BOSCO Y SAN FERNANDO DEL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - REGIÓN TACNA.

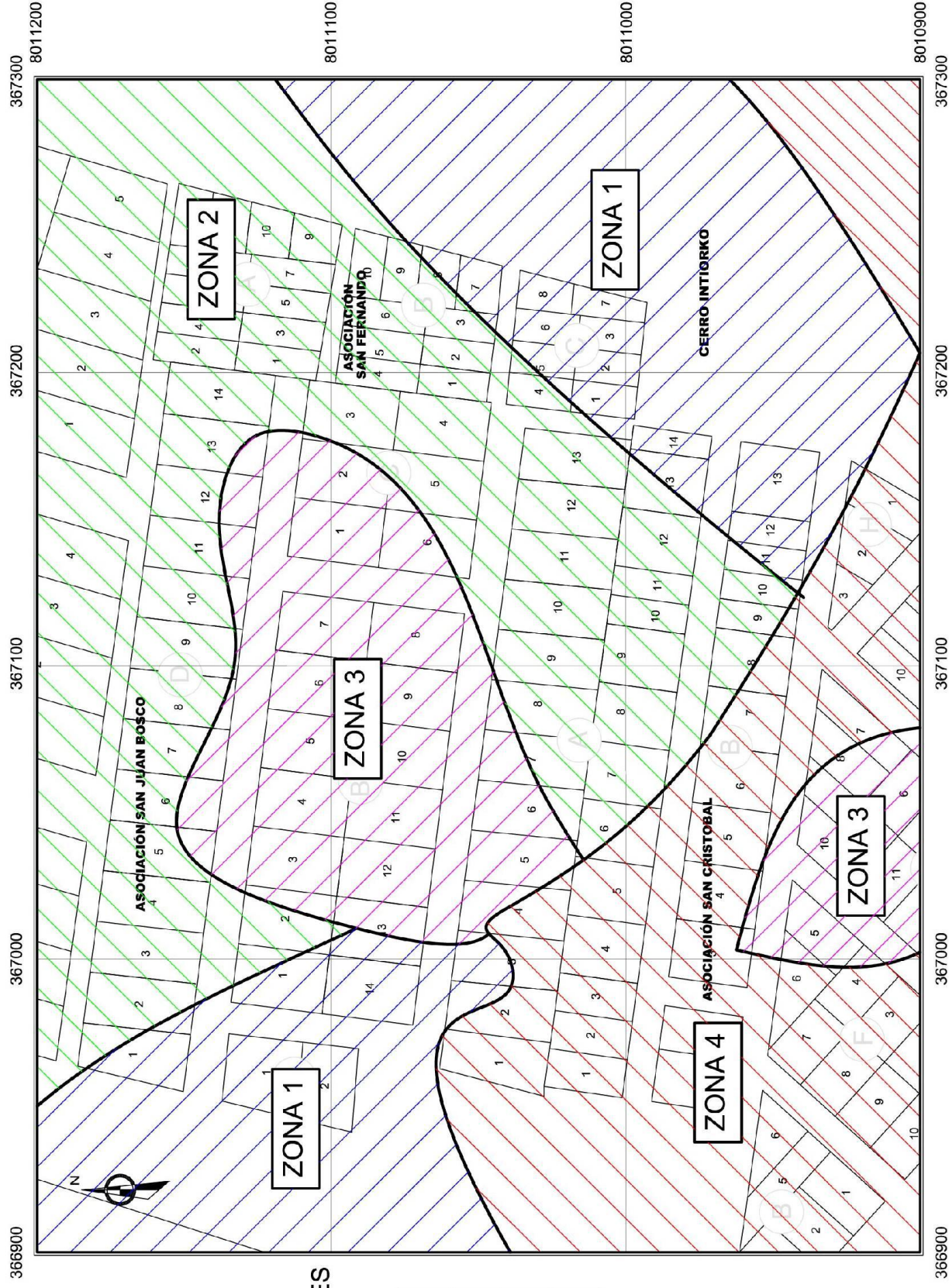
UBICACIÓN DE CALICATAS

UBICACIÓN DE CALICATAS

UBICACIÓN DE CALICATAS

UBICACIÓN DE CALICATAS

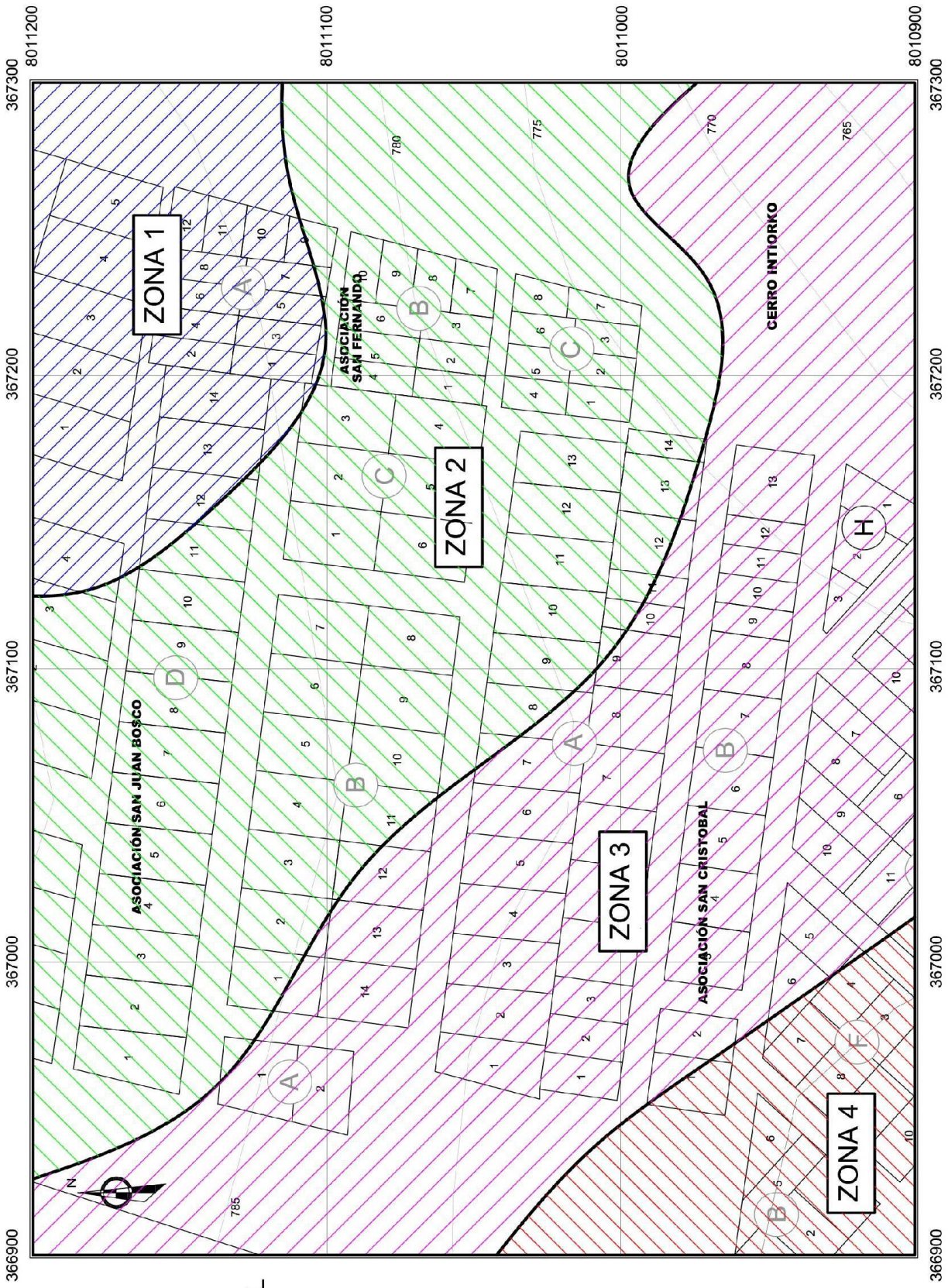
U-05



CUADRO DE DENSIDADES RELATIVAS

ZONA 1	■	49 % A 50 %
ZONA 2	■	48 % A 49 %
ZONA 3	■	47 % A 48 %
ZONA 4	■	46 % A 47 %

ZONIFICACIÓN DE DENSIDAD RELATIVA  
ESCALA 1/1000



CUADRO DE POTENCIAL DE COLAPSO

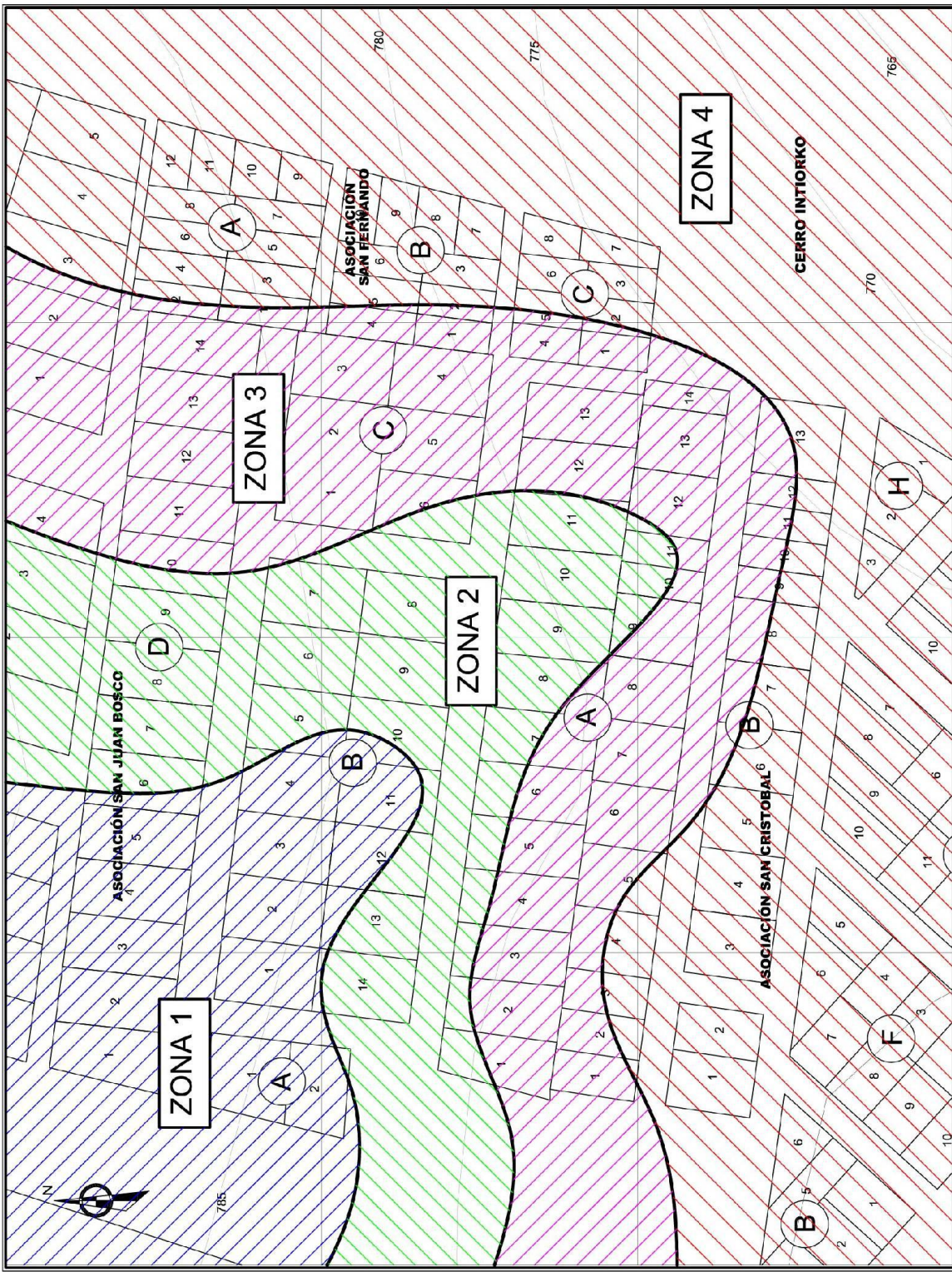
ZONA 1	<span style="color: blue;">■</span>	menor a 2 %
ZONA 2	<span style="color: green;">■</span>	2 % A 3 %
ZONA 3	<span style="color: magenta;">■</span>	3 % A 4 %
ZONA 4	<span style="color: red;">■</span>	4 % A 4.5 %

ZONIFICACIÓN DE COLAPSABILIDAD

ESCALA 1/1000



366900 367000 367100 367200 367300 8011200 8011000 8010900



CUADRO DE CAPACIDAD PORTANTE

ZONA 1	<span style="color: blue;">■</span>	mayor a 1.4 kg/cm <sup>2</sup>
ZONA 2	<span style="color: green;">■</span>	1.2 a 1.4 kg/cm <sup>2</sup>
ZONA 3	<span style="color: purple;">■</span>	1 a 1.2 kg/cm <sup>2</sup>
ZONA 4	<span style="color: red;">■</span>	menor a 1 kg/cm <sup>2</sup>

366900 367000 367100 367200 367300 8010900 8011000 8011100 8011200

# ZONIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE

ESCALA 1/10000