

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL CON  
MENCION EN GEOTECNIA**



**ISOVALORES DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL  
SUELO PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES  
EN EL SECTOR SIETE DEL DISTRITO ALTO DE LA  
ALIANZA, TACNA 2017**

**TESIS  
PRESENTADO POR:**

Ing. MAQUERA CRUZ Pedro Valerio

**Para Obtener el Grado Académico de:**

**MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL  
CON MENCION EN GEOTECNIA**

**TACNA – PERÚ  
2017**

## DEDICATORIA

A mis queridos padres por su apoyo en la consolidación de esta etapa profesional  
de mi vida.

A mis Hermanos Ingenieros Richard y Wilson por su apoyo incondicional en la  
culminación de esta tesis

A mi esposa Rosa, a mis hijas Diana, Karina y Valeria, por su apoyo constante en  
la culminación de la presente Tesis

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes con su ayuda han  
hecho posible la culminación de este proyecto.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por derramar sus bendiciones para alcanzar la meta en esta etapa de mi vida profesional.

A mis padres, a mis hermanos, a mi familia, porque ellos son la inspiración de mi vida para seguir capacitándome y superándome profesionalmente.

Al asesor de tesis, al personal de laboratorio y alumnos de pre grado de Universidad Privada de Tacna por su apoyo con la información de campo y de laboratorio

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>EL PROBLEMA TÉCNICO</b> .....	3
1.1    SITUACION ACTUAL DEL PROBLEMA .....	3
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.2.1    Interrogante principal.....	8
1.2.2    Interrogantes secundarias.....	8
1.3    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.4    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.4.1    Objetivo general.....	13
1.4.2    Objetivos Específicos.....	13
1.5    ASPECTOS CONCEPTUALES.....	14
1.6    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	26
<b>FUNDAMENTO TEORICO</b> .....	26
2.1    CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE EDIFICACIONES.....	26
2.1.1    Cimentaciones superficiales: capacidad de carga última .....	26
2.1.2    Concepto general.....	26
2.1.3    Teoría de la capacidad de carga de Terzaghi .....	28

2.1.4	Factor de seguridad .....	31
2.1.5	Ecuación general de la capacidad de carga .....	32
2.1.6	Capacidad de carga y asentamientos admisibles.....	34
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>36</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>		<b>36</b>
3.1	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION .....	36
3.1.1	Hipótesis general.....	36
3.1.2	Hipótesis específicas .....	36
3.2	VARIABLES .....	37
3.2.1	Variable Dependiente.....	37
3.2.1.1	Indicadores .....	37
3.2.2	Variable Independiente .....	37
3.2.2.1	Indicadores .....	37
3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	38
3.4	NIVEL DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA .....	38
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	39
3.5.1	Población.....	39
3.5.2	Muestra .....	39
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	39
3.6.1	Técnicas .....	39
3.6.2	Instrumentos.....	40
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>44</b>
<b>CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>		<b>44</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DEL USO DE LOS SUELOS.....	44
4.1.1	Ubicación y extensión de la zona de estudio .....	44
4.1.2	Condiciones climáticas y meteorológicas .....	46
4.1.3	Topografía.....	47
4.1.4	Geología general .....	47
4.1.5	Geomorfología .....	49
4.1.6	Sismicidad.....	50
4.1.7	Hidrología .....	52

4.2	ZONIFICACION DEL SUELO EN ESTUDIO.....	52
4.3	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....	58
4.3.1	Propiedades físicas de los suelos .....	64
4.3.2	Parámetros de resistencia.....	68
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>75</b>
<b>PROPUESTA DEL MAPA TEMATICO .....</b>		<b>75</b>
5.1	SITUACION ACTUAL DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE.....	75
5.2	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE.....	76
5.2.1	Esfuerzos verticales.....	76
5.2.2	Capacidad Admisible - Método de Terzaghi (1955).....	80
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>83</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>		<b>83</b>
6.1	ESCENARIO DE APLICACIÓN.....	83
6.2	FUNCIONALIDAD DE LA PROPUESTA .....	85
6.3	ZONIFICACIÓN MODIFICADA.....	91
6.4	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	93
<b>CAPÍTULO VII .....</b>		<b>101</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>101</b>
7.1	CONCLUSIONES .....	101
7.2	RECOMENDACIONES .....	102
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>103</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>106</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Componentes y fracciones del suelo .....	14
Tabla 2. Densidad relativa de suelos granulares .....	16
Tabla 3. Datos de la cimentación calicata CA-01. La Florida, Alto Alianza.....	21
Tabla 4. Valores de parámetros de resistencia .....	22
Tabla 5. Resultados de las propiedades físicas de los suelos.....	57
Tabla 6. Clasificación del suelo SM en zona de expansión urbana .....	57
Tabla 7. Valores de Contenido de sales .....	58
Tabla 8. Resumen de Ensayos básicos .....	67
Tabla 9. Resumen de ensayos especiales de DPL y Corte Directo .....	71
Tabla 10. Ingreso de datos del ensayo Corte Directo. Espécimen 1 .....	72
Tabla 11. Esfuerzo vertical centro de la zapata vs desplazamiento vertical .....	79
Tabla 12. Uso de suelo en el conglomerado urbano de Tacna.....	83
Tabla 13. Ubicación de las calicatas con sus propiedades físicas.....	86
Tabla 14. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-1 .....	87
Tabla 15. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-2 .....	87
Tabla 16. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-3 .....	88
Tabla 17. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-4 .....	88
Tabla 18. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-5 .....	89
Tabla 19. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-6 .....	89
Tabla 20. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-7 .....	90
Tabla 21. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-8 .....	90
Tabla 22. Valores de qadm para Df = 0.80m y 1.20 m. ....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de Zonificación General de Tacna.....	4
Figura 2. Ubicación de la zona de Estudio.....	4
Figura 3. Zonificación según PDU 2015-2025 área de investigación .....	5
Figura 4. Viviendas en las Asociaciones Pecuarias .....	6
Figura 5. Viviendas construidas en las Asociaciones Pecuarias .....	6
Figura 6. Viviendas de dos niveles en la Asociación taller-vivienda .....	7
Figura 7. Viviendas de tres niveles en la Asociación taller-vivienda .....	7
Figura 8. Curva Granulométrica .....	16
Figura 9. Modelo de Boussinesq para carga puntual (P) .....	17
Figura 10. Modelo de carga rectangular (q).....	18
Figura 11. Modelo del suelo - esfuerzo efectivo.....	19
Figura 12. Tipos de fallas de cimentaciones superficiales.....	27
Figura 13. Falla por capacidad de carga.....	28
Figura 14. Equipo de Granulometría y Límite Líquido .....	40
Figura 15. Equipo de Corte Directo .....	41
Figura 16. Elementos de la caja de corte.....	42
Figura 17. Elementos de dispositivo de carga.....	42
Figura 18. Mapa de ubicación de zona de investigación .....	44
Figura 19. Plano básico del sector siete o zona de investigación.....	45
Figura 20. Mapa de isoyetas - cuenca caplina.....	46
Figura 21. Mapa de Curvas de Nivel de Tacna.....	47
Figura 22. Mapa Geológico de Tacna .....	49
Figura 23. Mapa de Geomorfología de Tacna .....	50
Figura 24. Mapa de intensidades del sismo de 1868.....	51
Figura 25. Mapa hidrogeológico de cuenca caplina.....	52
Figura 26. Mapa zonificación de uso de suelo zona de investigación .....	53
Figura 27. Mapa zonificación actual de uso de suelo .....	54
Figura 28. Mapa de Ubicación de Calicata 05 y 06 .....	56
Figura 29. Mapa de Ubicación de calicatas .....	59
Figura 30. Calicata C-1, suelo SM, prof. 2.5m .....	60
Figura 31. Calicata C-2, suelo SM, prof.0.8m .....	60
Figura 32. Calicata C-3, suelo SM, prof. 1.1m .....	61
Figura 33. Calicata C-4, suelo SM, prof. 1.2m observa afloramiento rocoso.....	61
Figura 34. Calicata C-5, suelo SM, prof. 1.2m observa afloramiento rocoso.....	62
Figura 35. Calicata C-6, suelo SM, prof. 1.3m .....	62
Figura 36. suelo SM, prof. 0.9m .....	63
Figura 37. Calicata C-8, suelo SM, prof. 0.8m .....	63
Figura 38. Ensayo de Humedad Natural, calicata C-5 .....	64
Figura 39. Ensayo de Densidad In situ, calicata C-1 .....	65
Figura 40. Ensayo de Granulometría, calicata C-5 .....	65



Figura 41. Ensayo de Límite Líquido en Copa de Casagrande C-1.....	66
Figura 4243. Afloramiento rocoso en el cerro Intiorko .....	68
Figura 44. Preparación del equipo de DPL. ....	68
Figura 45. Ejecución del ensayo de DPL. Costado calicata C-1.....	69
Figura 46. Preparación y armado de la caja de corte .....	69
Figura 47. Muestra remoldeada en la caja de corte.....	70
Figura 48. Ejecución del ensayo de corte Directo.....	70
Figura 49. Formato de ensayo de corte directo .....	73
Figura 50. Grafico para determinar la Cohesión y Angulo de fricción.....	74
Figura 51. Mapa de características geotécnicas .....	75
Figura 52. Variación del Esfuerzo Vertical Vs profundidad.....	77
Figura 53. Esfuerzo vertical en una carga rectangular .....	78
Figura 54. Representación de la cimentación superficial.....	81
Figura 55. Mapa de uso de suelo en el conglomerado urbano de Tacna .....	84
Figura 56. Edificaciones con más de un nivel. Asoc. Pecuarias .....	85
Figura 57. Vivienda de tres pisos, altura del Km 6. Asoc. Taller Vivienda .....	85
Figura 58. Declaracion del Gobernador Regional de Tacna.....	91
Figura 59. Declaración del Alcalde Provincial de Tacna.....	92
Figura 60. Declaración del alcalde Distrital de Ciudad Nueva.....	93
Figura 61. Representación gráfica de los valores de $q_{adm}$ . $D_f=1.2m$ . ....	95
Figura 62. Representación gráfica de los valores de $q_{adm}$ , $D_f=0.8m$ .....	96
Figura 63. Representación gráfica de los suelos según tipo de suelo .....	97
Figura 64. Perfil del suelo a la altura de la Calicata C.1 y C-5.....	97
Figura 65. Perfil del suelo a la altura de la Calicata C-2, C-3 y C-4.....	98
Figura 66. Perfil del suelo a la altura de la Calicata C-7, C-5, C-1 y C-4.....	98
Figura 67. Tipos de cimentaciones superficiales .....	99
Figura 68. Zonificación gráfica de uso de cimentaciones superficiales.....	100

## RESUMEN

La presente tesis analiza el problema del uso de suelos para cimentaciones de viviendas en áreas o terrenos no habilitados o posesionados por invasiones.

El objetivo es determinar la Caracterización de la capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales del Sector Siete del distrito de Alto de la Alianza, Provincia y Región de Tacna. 2017.

La metodología aplicada ha sido con diseño de investigación prospectivo, la población está referida a los suelos de la zona y la muestra corresponde a las calicatas estudiadas.

Los resultados de los suelos de las exploraciones realizadas indican que las propiedades físicas son similares, siendo el suelo una arena limosa no plástica. La cohesión se ha considerado cero por ser un suelo arenoso limoso, y el ángulo de fricción en promedio de  $30^\circ$  en estado natural. Los valores de la capacidad admisible de carga ha sido calculados para cimentaciones superficiales a distintas profundidades de desplante y para diferentes anchos de cimentación.

Finalmente se concluye una caracterización de isovalores de la capacidad admisible del suelo que están por debajo de  $1 \text{ kg/cm}^2$  para una profundidad de desplante de 0.80 m y 1.20 m. con un ancho de la cimentación de 1.0 x 1.0m.

**Palabras clave:** Calicatas, parámetros de resistencia, capacidad admisible, mapas de isovalores.

## ABSTRACT

This thesis analyzes the problem of the use of soils for foundations of houses in areas or lands not enabled or possessed by invasions.

The objective is to determine the Characterization of the Admissible capacity of the soil for Surface Foundations of Sector Seven of the district of Alto de la Alianza, Province and Region of Tacna. 2017

The methodology applied has been with prospective research design, the population is referred to the soils of the area and the sample corresponds to the pits studied

The results of the soils of the explorations carried out indicate that the physical properties are similar, the soil being a non-plastic silty sand. The cohesion has been considered zero for being a sandy loamy soil, and the angle of friction in average of  $30^\circ$  in natural state. The values of the admissible load capacity have been calculated for surface foundations at different depths of slab and for different foundation widths.

Finally, a characterization of isovalues of the admissible soil capacity that are below  $1 \text{ kg} / \text{cm}^2$  for a depth of 0.80 m and 1.20 m. with a foundation width of 1.0 x 1.0m.

Keywords: Calicates, resistance parameters, admissible capacity, isovalue maps

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico de la ciudad de Tacna ha propiciado que muchas familias migrantes, se asienten en zonas no aptas en resistencia para la cimentación de viviendas de diversas regiones del país. Familias provenientes de Puno, Moquegua, Cuzco, Arequipa y Norte del país, se han asentado en el cono Norte de la Ciudad de Tacna; específicamente la parte alta de la ciudad colindante con la Carretera Tacna - Tarata entre los Km. 6 al km. 7. A este sector se le conoce como el Sector 7 del Distrito Alto de la Alianza. Según el PDU 2015-2025, Plan de Desarrollo Urbano de Tacna, en la zona se han formado varias Asociaciones de Vivienda como Taller, Pequeña Industria, Pecuario, entre otros. Los análisis de capacidad portante realizados a los suelos, con fines de cimentaciones de viviendas, es muy escaso o con varios años de antigüedad. Se cuenta con estudios de proyectos para Ciudades Sostenibles realizados por INDECI, que indican que la zona presenta materiales de baja capacidad portante y recomendando su uso para actividades de industria, comercio, vivienda taller. El Plan de Desarrollo Urbano - 2015 al 2025, aprobado por la Municipalidad de Tacna, plantea usos de suelos para pequeña Industria (vivienda taller), pecuario y otros. Sin embargo la mayoría de los poseionarios, construyen sus viviendas de manera irresponsable, alcanzando edificaciones de hasta dos niveles en la zona de estudio.

El presente trabajo se estructura en siete capítulos. El capítulo I, describe la situación actual referida al uso de los suelos para las cimentaciones superficiales de las viviendas. La justificación del trabajo se basa en la falta de información sobre la calidad de los suelos y la falta de un mapa que zonifique el área por isovalores de capacidad admisible, generando el objetivo de la tesis. Se complementa el capítulo con los conceptos básicos y antecedentes sobre el problema a investigar, sustentados en estudios similares o aplicables a la zona de investigación.

El capítulo II, está referido al fundamento teórico científico o marco referido a las cimentaciones superficiales. El capítulo III, desarrolla el marco metodológico, la hipótesis, comenta sobre las variables y comenta sobre el tipo de investigación. El capítulo IV, presenta el diagnóstico situacional, describe el problema focalizado, analiza los factores críticos de las causas y sus consecuencias. El capítulo V, analiza las variables, describe la propuesta de solución y comprueba la viabilidad de la investigación a partir del trabajo de campo.

El Capítulo VI, describe los resultados de los trabajos de campo y gabinete; así como el diseño, su aplicación, su funcionalidad de los mapas con los isovalores de capacidad admisible del suelo. En el capítulo VII, presenta las conclusiones y recomendaciones del trabajo y sugerencias que permita continuar la investigación. Finalmente, en el Anexo se presenta la recopilación de resultados de los ensayos básicos y ensayos especiales con sus respectivos parámetros de resistencia que se requieren para la determinación de la capacidad admisible del suelo.

**El autor**

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA TÉCNICO**

#### **1.1 SITUACION ACTUAL DEL PROBLEMA**

El uso de suelos para viviendas por medio de las invasiones, ha generado que muchas familias se asienten sobre suelos sin algún estudio previo que garantice la sostenibilidad de las viviendas a edificar.

La ciudad de Tacna sigue creciendo sin planificación y sin ordenamiento urbano, especialmente aquellos lugares que deben ser definidos por los análisis de suelos o por la capacidad de carga admisible. Gran parte del cono norte presenta suelos de baja capacidad portante, donde se recomienda no sean habitados, sin embargo en dichas zonas los pobladores siguen construyendo sus viviendas.

Los estudios en sismología califican a la Ciudad de Tacna como zona de alta sismicidad, donde los sismos liberan gran cantidad de energía con efectos catastróficos que afectan a la vida y el patrimonio de la sociedad. Debido al crecimiento poblacional las familias tienen la necesidad de construir sus viviendas, sin tomar en cuenta las recomendaciones o información sobre la capacidad portante que les permita diseñar las cimentaciones.

La zona de estudio se encuentra en el Distrito Alto de la Alianza. Para consolidar la información se ha solicitado al área de la Sub Gerencia de Planeamiento Urbano, del distrito alto de la Alianza, información acerca de los estudios de capacidad portante de suelos del Sector 7. Además, en entrevista con la Jefa de dicha área, se nos indicó que se carece de información sobre los estudios de suelos.

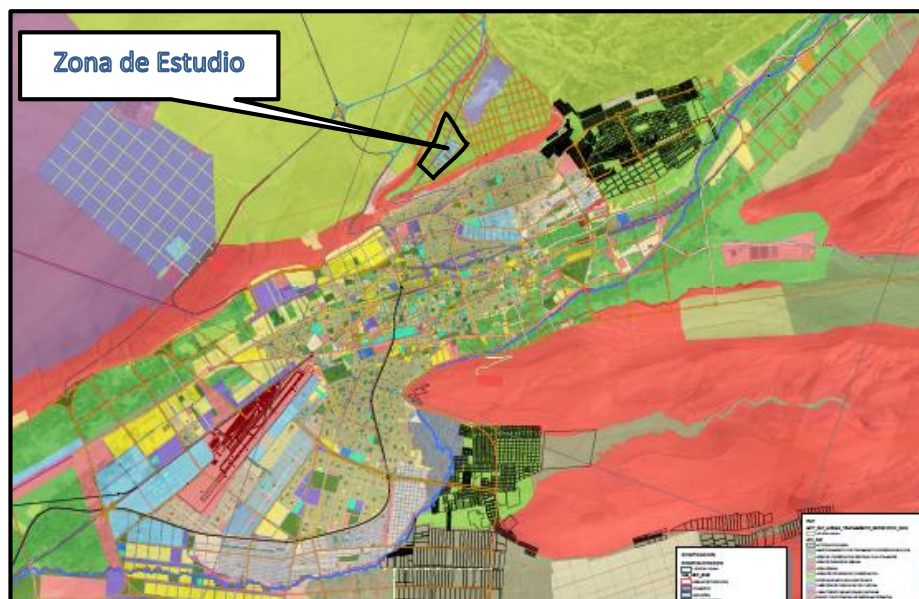


Figura 1. Plano de Zonificación General de Tacna

Fuente: PDU Tacna y google maps



Figura 2. Ubicación de la zona de Estudio

Fuente: PDU Tacna y google maps

La misma municipalidad Distrital informa que el Instituto Geofísico del Perú (IGP) realizó estudios en la parte baja de la ciudad, y además reconocen las recomendaciones indicadas en los estudios de INDECI y del PDU Provincial.

Según el PDU 2015-2025, aprobado por la Municipalidad Provincial de Tacna, la zona de estudio presenta un área con Zonificación de Industria (color azul), correspondiente a la Asociación de Vivienda Taller Héroes del Alto de la Alianza, las demás asociaciones están consideradas como Actividades Pecuarias (color verde).

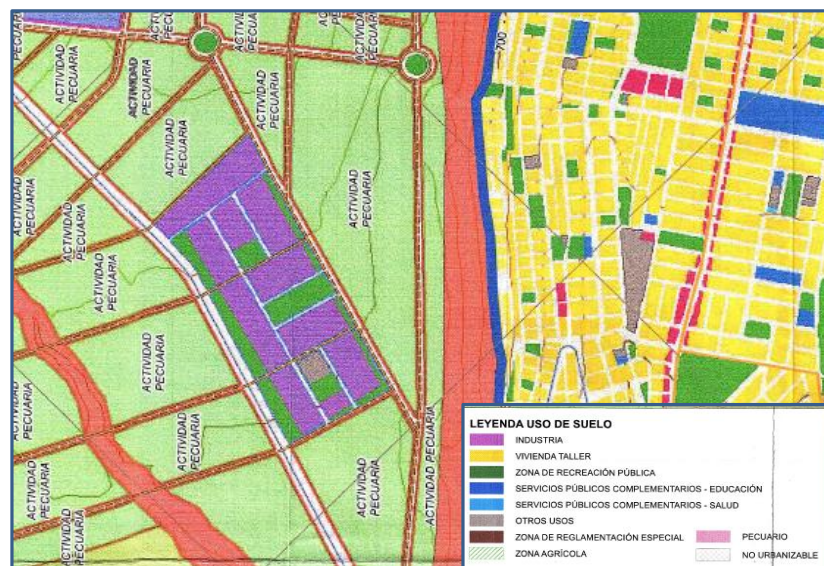


Figura 3. Zonificación según PDU 2015-2025 área de investigación

Fuente: PDU 2015-2025 Municipalidad Provincial de Tacna

En la Asociación de Vivienda Taller Héroes Alto de la Alianza, el 100% de las construcciones corresponden a material noble (cercos perimétricos, viviendas, galpones, etc). Por otro lado las asociaciones dedicadas a la actividad pecuaria presentan construcciones de material noble, en manzanas o lotes ubicadas cerca a la carretera Tacna - Tarata (km 6). Estos lotes están cambiando de uso, de actividad pecuaria a las actividades comercial de ferretería, tiendas dedicadas a la venta de productos para animales, locales dedicados a la actividad de restaurantes,



cocheras, pequeños talleres, entre otras actividades. Además, la zona de estudio cuenta con servicio de energía eléctrica, agua abastecida por cisternas y comunicación de telefonía normal.



Figura 4. Viviendas en las Asociaciones Pecuarias

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Viviendas construidas en las Asociaciones Pecuarias

Fuente: Elaboración propia

De lo verificado en campo y de la evaluación realizada al Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tacna PDU 2015-2024, se ha definido un área de trabajo

para la presente tesis, que corresponde a toda la asociación de Vivienda Taller Héroes del Alto de la Alianza, a los lotes de actividades pecuarias de las distintas asociaciones colindantes con la carretera Tacna - Tarata, ya que en ellas se ha observado la consolidación de cimentaciones con fines de vivienda.



Figura 6. Viviendas de dos niveles en la Asociación taller-vivienda  
Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Viviendas de tres niveles en la Asociación taller-vivienda  
Fuente: Elaboración propia

El resto de lotes de las otras asociaciones están dedicados a la actividad pecuaria. Los terrenos se encuentran cercados a base de palos y mallas de pescador, con pocas y pequeñas construcciones dentro de algunos lotes.

En conversación con algunos dirigentes y vecinos de la zona, se evidenció que las construcciones se han realizado sin estudios de suelos ni licencias de edificación, pero que requieren de la Municipalidad u otra institución pueda apoyarlos con estudios de suelos y recomendarles los tipos de cimentaciones más adecuadas y no solo aceptar lo ejecutado por los maestros de obra que trabajan en la zona.

También se ha consultado sobre las características del suelo que han encontrado en sus lotes o predios, indicando que hay zonas en la que el afloramiento rocoso está muy cerca de la superficie y en muchos casos han empleado maquinaria para realizar la apertura de las zanjas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Interrogante principal**

¿Disponen las autoridades mapas de isovalores de las capacidades de carga de los suelos del sector 7, como herramienta para evitar el crecimiento urbano indiscriminado y mitigar los daños por sismos?

### **1.2.2 Interrogantes secundarias**

Para dar respuesta a la pregunta anterior, se formularon las siguientes interrogantes como problemas secundarios:

1. ¿Existen ensayos básicos y ensayos de resistencia al esfuerzo cortante, para caracterizar los suelos por las propiedades físicas y de resistencia de los suelos areno limosos?
2. ¿Existen valores de la capacidad admisible de los suelos, que permitan la construcción de mapas temáticos de isovalores.

3. ¿Cuentan las autoridades con mapas de isovalores de capacidades de carga, como herramienta para la toma de decisiones?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica por las siguientes razones:

**De un punto de vista geotécnico**, los estudios del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051(2004), para ciudades sostenibles, la ciudad de Tacna presenta la formación Moquegua miembro Superior, de edad Terciario Superior, compuesta de horizontes de conglomerados, areniscas, limonitas y arcillas. Según el Mapa de Peligros y del análisis de los aspectos geológicos, indica que la mayor parte de los afloramientos rocosos están cubiertos por depósitos cuaternarios recientes de ladera y solo se les puede apreciar en los cortes de carretera de los cerros Arunta e Intiorko a la salida de Tacna y carretera a Tarata.

Los suelos están conformados por gravas mal graduadas (GP), gravas bien graduadas (GW), arenas mal graduadas (SP), arcillas de baja compresibilidad (CL), y arenas limosas (SM).

En la clasificación SM se ha distinguido tres tipos de arenas limosas. La SM-1 clasifica a las cenizas volcánicas de amplia distribución superficial en toda la parte Norte de la ciudad y con muy buenas características geotécnicas. La SM-2 arenas limosas de diluviales mezcladas con aluviales, de regulares características geotécnicas, distribuidas en las zonas urbanas marginales de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva; y la SM-3 arenas limosas de origen diluvial-fluvial, de pequeña distribución en el flanco Oeste de la ciudad, de malas características geotécnicas.

**Desde el punto de vista sísmico**<sup>1</sup> a nivel mundial, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. Dentro de este contexto, la actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y tiene su origen, en la fricción de ambas placas produciendo los sismos de mayor magnitud con relativa frecuencia y en la deformación interna de ambas placas, siendo los sismos más destructores los que se producen a niveles superficiales.

**Desde el punto de vista Prevención y/o Mitigación**, según los estudios de Programa de Prevención y Medidas de Mitigación Ante Desastres de la Ciudad de Tacna<sup>2</sup>, la evolución urbana y el crecimiento demográfico de los centros poblados, en muchos casos rebasan la capacidad de soporte del ecosistema, causando impactos negativos sobre éste; más aún cuando se dan en forma espontánea, sin ningún tipo de orientación técnica como sucede en la mayoría de las ciudades del país.

La ocupación de áreas no aptas para habilitaciones urbanas, ya sea por su valor agrológico o por condiciones físico geográficas, son consecuencia de este proceso. La Planificación del Desarrollo Urbano es el proceso por el cual los asentamientos evolucionan positivamente, hacia mejores condiciones de vida. Las estructuras urbanas, servicios, equipamiento y actividades urbanas, principalmente económicas, deberán por lo tanto asegurar el bienestar de la población.

El concepto de Desarrollo Urbano Sostenible, implica un manejo adecuado en el tiempo de la interacción desarrollo urbano y medio ambiente; el desarrollo de un asentamiento supone el acondicionamiento del medio

---

<sup>1</sup> Cfr.: Tavera y Bernal (2004)

<sup>2</sup> Cfr.: INDECI (2007)

ambiente natural, mediante el aprovechamiento de las condiciones favorables y el control de las condiciones inadecuadas.

La formulación de planes urbanos tienen como principal objetivo establecer pautas técnico – normativas para el uso racional del suelo; sin embargo en muchas ciudades del país, a pesar de existir planes urbanos, la falta de conocimiento de la población, así como el deficiente control urbano municipal, propician la ocupación de zonas expuestas a peligros naturales, resultando así sectores críticos, en los que el riesgo de sufrir pérdidas y daños considerables es elevado, debido a las condiciones de vulnerabilidad de las edificaciones y de la población.

**Desde el punto de vista del Desarrollo Urbano**, según el PAT Y PDU/ Plan Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tacna 2015 – 2024, Tacna es la región más austral del país, y limita con departamentos (Puno y Moquegua) y repúblicas (Chile y Bolivia). Su ámbito territorial del Plan de Desarrollo Urbano corresponde al área ocupada por un centro urbano y el entorno geográfico inmediato sobre el que se localizarán las futuras áreas de expansión urbana.

El PDU analiza una serie de Limitaciones que tiene la ciudad: Crecimiento poblacional acelerado origina ocupación desordenada, Ubicación en zona altamente sísmica, Déficit de articulación de vías locales, Ocupación especulativa de terrenos para uso urbano o rural, Centralismo de actividades en la ciudad de Tacna, Déficit hídrico, etc.

Además el PDU analiza los siguientes temas: Áreas Prioritarias de Conservación, Terrenos Eriazos con Potencial de Energía Alternativa, Eriazos con Potencial Hídrico - Agrológico Limitado, Patrimonio Histórico Cultural y Paisajista, Periurbano, Recuperación de Suelos Agrícolas, Urbana – Industrial.

**Desde el punto de vista formal,** se justifica porque, según el estudio “El mercado de edificaciones urbanas en Lima Metropolitana y el Callao”<sup>3</sup>, el 70% de las viviendas son construidas informalmente, sin presencia de profesionales en el diseño y construcción, utilizando materiales de baja calidad, sin licencia de edificación ni supervisión municipal, sin cumplir con obligaciones tributarias ni laborales. Además, muchas de estas viviendas se sitúan en áreas de riesgo, en suelos invadidos o poco aparentes para la construcción. La informalidad genera grandes riesgos para la vida y la propiedad, mayores inversiones para la provisión de servicios, equipamientos e infraestructura, conflictos sociales por la propiedad del suelo, y significativos sobrecostos a las empresas y a los trabajadores. Se estima que un tercio del PBI de la construcción es informal.

**Desde el punto de vista estructural,** el uso masivo de la construcción de nuevas viviendas hace necesario el estudio de los suelos, a fin de determinar y verificar su resistencia o capacidad admisible de los suelos y plasmar en planos y perfiles estratigráficos con isovalores de capacidad portante de los suelos, dicho mapas son útiles a las personas de la zona para tomar conocimiento de la calidad del suelo en la cual están cimentando su vivienda, por lo tanto este estudio es relevante tanto técnica como socialmente.

**Desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos,** la capacidad de carga o capacidad portante del suelo es un tema amplio y del cual se cuenta con una gran cantidad de información, sin embargo esta información puede variar de un suelo a otro ya sea en el proceso de cálculo o en la determinación de los factores utilizados, algunos autores utilizan gráficas y otros tablas, la importancia de conocer los diferentes métodos es muy

---

<sup>3</sup> Cfr.: CAPECO en el año 2015

fundamental, el suelo no es un material del cual se dispongan las condiciones físicas y mecánicas según lo desee el proyectista o constructor, varía de un lugar a otro por lo que al conocer sus propiedades pueden estimarse su capacidad admisible, la carga máxima que puede ser soportada y la cimentación adecuada, lo que proporciona un buen margen de seguridad.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**

Construir mapas de isovalores de las capacidades de carga de los suelos del sector siete, para que las autoridades dispongan de una herramienta que evite un crecimiento urbano indiscriminado y mitigar los daños por sismos.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- a. Realizar ensayos básicos y ensayos de resistencia al esfuerzo cortante, para caracterizar los suelos por las propiedades físicas y de resistencia de los suelos arenos limosos.
- b. Determinar valores de la capacidad admisible de los suelos, que permitan la construcción de mapas temáticos de isovalores.
- c. Elaborar mapas de isovalores de capacidades de carga, para que las autoridades tengan una herramienta para la toma de decisiones.



## 1.5 ASPECTOS CONCEPTUALES

Los suelos en estudio presentan descomposición física y química de las rocas, generados por su meteorización y posterior erosión. La zona se caracteriza por presentar suelos residuales y transportados.

Se verifica que las propiedades ingenieriles de los suelos, como resistencia y compresibilidad, están determinadas por el arreglo e interacción de sus partículas formadas fragmentos y minerales de roca.

Con la finalidad de tipificar los suelos participantes se ha considerado las propiedades índices, en concordancia con lo mostrado en la tabla 1<sup>4</sup>. Además se ha considerado las propiedades ingenieriles, referidas al comportamiento de los suelos frente a sollicitaciones externas, definiendo características como material de cimentación.

Tabla 1. Componentes y fracciones del suelo

FRACCION DEL SUELO		GRANULOMETRIA Y DESCRIPCION	DEFINICION DE LAS PROPIEDADES	
<b>FRACCIONES GRUESAS</b>	Bloques	Redondeados a angulares, formados por rocas duras de gran tamaño y diámetro medio superior a 300 mm.	Los bloques y bolones son elementos muy estables utilizados para terraplenes, balastos y para estabilizar taludes (enrocados). Debido a su tamaño y peso su presencia en los depósitos naturales de suelo tiende a mejorar la estabilidad de las cimentaciones.	
	Bolones	Redondeados a angulares, procedentes de rocas duras; diámetro medio inferior a 300 mm pero superior a 75 mm.		
	<b>Grava (G)</b>		Redondeada a angular, procedente de rocas duras; pasa por el tamiz de 3" (75 mm) es retenida por el tamiz N° 4 (4.75 mm)	La grava y la arena tienen esencialmente las mismas propiedades ingenieriles aunque en grados diferentes. El tamiz N° 4 (4.75 mm) es una división arbitraria y no corresponde a un cambio apreciable de propiedades. Son fáciles de compactar, resultan poco afectadas por la humedad y no están sujetas a la acción de la helada. Las gravas suelen ser más estables frente al flujo de agua y más resistentes a la erosión y a la tubificación que las arenas. Las arenas y gravas bien graduadas son generalmente menos permeables y más
		Gruesa	Entre los tamices 3" a 3/4" (75 a 19 mm)	
	Fina	Entre los tamices 3/4" a N° 4 (19 a 4.75 mm)		
<b>Arena</b>		Redondeada a angular, procedente de rocas duras; pasa por el tamiz N° 4 (4.75 mm) y es retenida por el tamiz N° 200 (75		

<sup>4</sup> Cfr.: Lambe y Whitman, 1972

		$\mu\text{m}$	estables que aquellas deficientemente graduadas (granulometría uniforme). La irregularidad de las partículas hace aumentar ligeramente la estabilidad. La arena fina uniforme tiene características próximas a un limo: es decir, disminuye su permeabilidad y reduce su estabilidad al aumentar la humedad.
	Gruesa	Entre los tamices N° 4 a 10 (4.75 a 2 mm)	
	Media	Entre los tamices N° 10 a 40 (2 mm a 425 $\mu\text{m}$ )	
	Fina	Entre los tamices N° 40 a 200 (425 a 75 $\mu\text{m}$ )	
<b>FRACCIONES FINAS</b>	<b>Limo (M)</b>	Partículas que pasan por el tamiz N° 200 (75 $\mu\text{m}$ ). Identificables por su comportamiento: es decir, ligeramente plásticas o sin plasticidad cualquiera que sea la humedad y con escasa o nula resistencia al secarse al aire.	El limo es inestable por su propia naturaleza, particularmente cuando aumenta la humedad, con tendencia a fluir cuando está saturado. Es relativamente impermeable, difícil de compactar, muy susceptible a la acción de la helada, fácilmente erosionable, y sujeto a la tubificación y ebullición.
	<b>Arcilla (C)</b>	Partículas que pasan por el tamiz N° 200 (75 $\mu\text{m}$ ). Identificables por su comportamiento: es decir, puede conseguirse que presenten propiedades de plasticidad dentro de una amplia gama de humedades y posean considerable resistencia al secarse al aire.	La característica que diferencia a la arcilla, es la cohesión o resistencia cohesiva, que aumenta al disminuir la humedad. La permeabilidad de la arcilla es muy baja, es difícil de compactar en estado húmedo e imposible de drenar por métodos ordinarios; compactada es resistente a la erosión y tubificación, no es susceptible a hinchamientos por efecto de la helada. Está sometida a expansión y retracción con las variaciones de la humedad.
<b>MATERIA ORGÁNICA (O)</b>		Materia orgánica de diversos tamaños y en di- versas fases de descomposición.	La materia orgánica, hace aumentar la compresibilidad y reduce la estabilidad de las fracciones finas del suelo. Puede descomponerse creando vacíos y haciendo variar las propiedades de un suelo por alteración química, por lo cual los suelos orgánicos no son adecuados para usos ingenieriles.

Fuente: Lambe y Whitman, 1972

La determinación de las características granulométricas ha respondido a las normas de ensayos de común empleo entre los especialistas en geotecnia. La Figura 7, muestra un gráfico referencial de tamaño de partícula y diámetro de partícula.

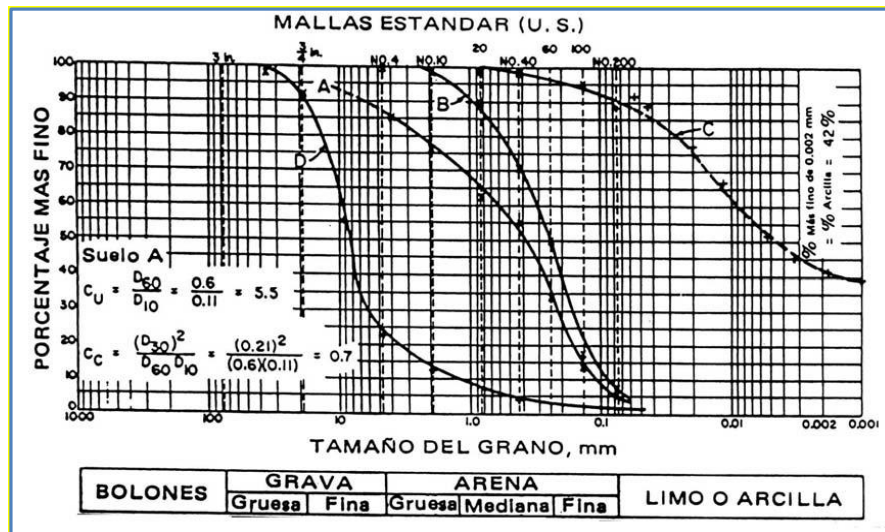


Figura 8. Curva Granulométrica

Fuente: (Lambe y Whitman, 1972)

Toma relevancia la determinación de la densidad relativa, parámetro adimensional, por los estados suelto y poco denso en que se presentan los suelos de la zona. De acuerdo a las recomendaciones de la mecánica de suelos se emplearán las fórmulas mostradas, y que la tabla 2 muestra algunos valores característicos:

$$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \qquad Dr = \frac{\gamma_d - \gamma_{dmin}}{\gamma_{dmax} - \gamma_{dmin}} \cdot \frac{\gamma_{dmax}}{\gamma_d}$$

Tabla 2. Densidad relativa de suelos granulares

Densidad Relativa	Dr	N (SPT)
Muy suelto	<15	0-4
Suelto	15-35	4-10
Medianamente denso	35-65	10-30
Denso	65-85	30-50
Muy denso	> 85	> 50

Fuente: Zegarra, 2000

Para el caso de los esfuerzos verticales<sup>5</sup> se atenderá al trabajo de la cimentación que transfiere cargas de la estructura al suelo, disipando los esfuerzos. Esta distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga puntual, estará basado en el modelo de Boussinesq sobre un medio elástico semi-infinito, según muestra la figura 9.

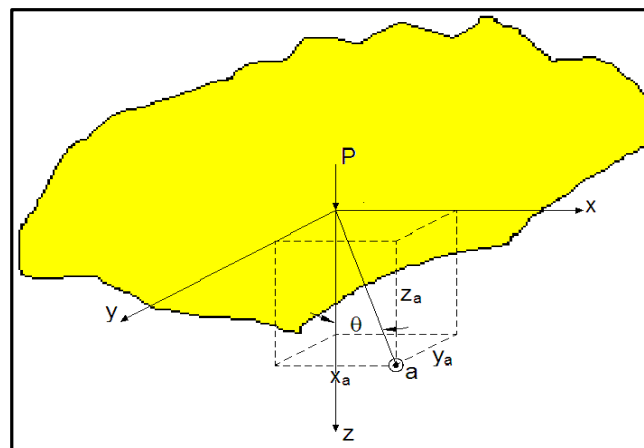


Figura 9. Modelo de Boussinesq para carga puntual (P)

Fuente: Cruz, 2015

El incremento de esfuerzo vertical en el suelo ( $\Delta\sigma_z$ ), se determinará según:

$$\Delta\sigma = \frac{3P}{2\pi z^2} \cdot \cos^5 \theta$$

$$\Delta\sigma = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}}$$

En caso se la distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga rectangular, se empleó el modelo de carga rectangular (q) sobre un medio elástico semi- infinito y sistema de ejes utilizado.

<sup>5</sup> Cfr.: Cruz, 2015

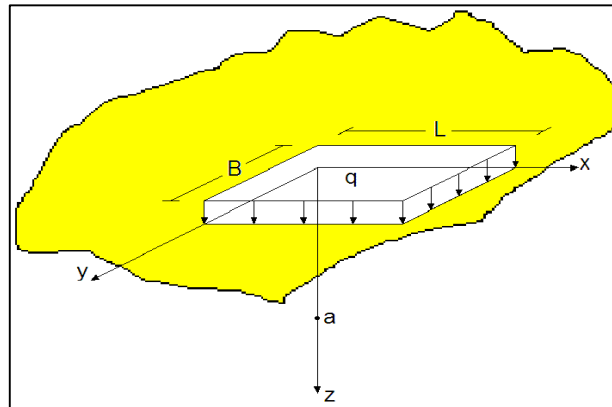


Figura 10. Modelo de carga rectangular (q)

Fuente: Cruz, 2015

De acuerdo a la solución de Boussinesq, se tiene:

$$d(\Delta\sigma_z) = \frac{3(q \cdot dx \cdot dy)}{2\pi z^2 \left( 1 + \left( \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z} \right)^2 \right)^{5/2}} = \frac{3(q \cdot dx \cdot dy) z^3}{2\pi (x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}}$$

Por otro lado integrando en toda la superficie del área rectangular, se tendrá:

$$\Delta\sigma_z = \int_{y=0}^{y=L} \int_{x=0}^{x=B} \frac{3(q \cdot dx \cdot dy) z^3}{2\pi (x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}}$$

Así también, la solución por Newmark (1935) el incremento del esfuerzo vertical ( $\Delta\sigma_z$ ) para un punto cualquiera debajo de la esquina de una cimentación rectangular, de ancho B y largo L, con carga (q) uniformemente distribuido, a una profundidad dada (z), será:

$$\Delta\sigma_z = qI(m, n)$$

Dónde:  $m = B/z$ ;  $n = L/z$

$$I(m, n) = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + 1} + \tan^{-1} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + 1 - mn} \right) \right]$$

En el caso que el valor de  $(m^2n^2)$  sea más grande que el valor de  $(m^2+n^2+1)$ , se emplea:

$$I(m,n) = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right) + \pi \right]$$

Para el factor de influencia  $0 \leq I(m,n) \leq 0.25$

El esfuerzo efectivo, ha considerado la diferencia entre el esfuerzo total y la presión del agua<sup>6</sup> que existe en los vacíos del suelo. La interacción entre la estructura del suelo y el fluido de los vacíos determina el comportamiento, desde el punto de vista de la ingeniería. La compresibilidad del suelo está sujeta a carga, mostrando su capacidad de deformación. El esfuerzo efectivo ( $\sigma - \mu$ ) es una medida de la carga transmitida por la estructura del suelo. Véase la figura 11.

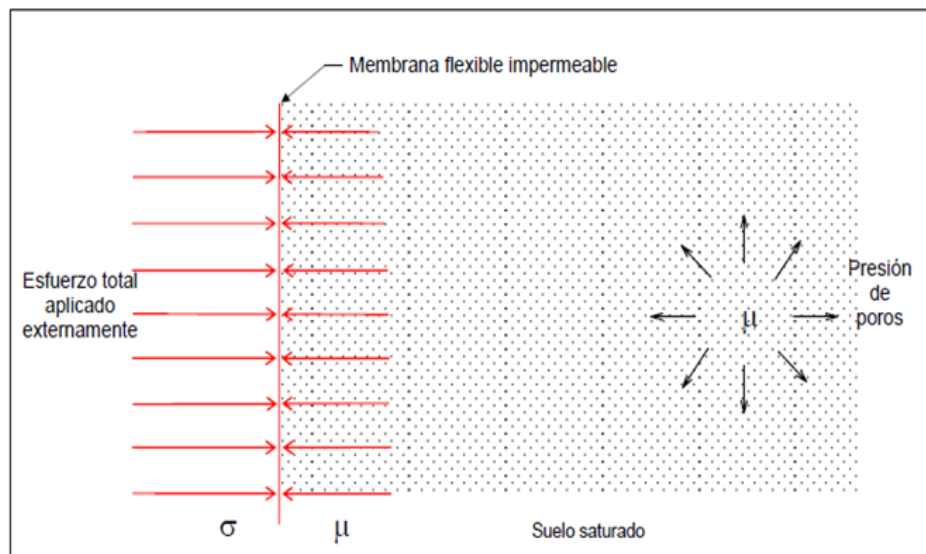


Figura 11. Modelo del suelo - esfuerzo efectivo

Fuente: Alva Hurtado, 2012

<sup>6</sup> Cfr.: Alva, 2012

## 1.6 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se han realizado diversas investigaciones sobre cimentaciones superficiales en la localidad de Tacna, pero no en la zona de estudio; y menos por instituciones responsables al ordenamiento urbano. Se encontraron dos trabajos realizados por INDECI en los años 2004 y 2007, con fines de vivienda. Dichos trabajos corresponden a:

- Proyecto INDECI–PNUD PER/02/051(2004), para ciudades sostenibles en la ciudad de Tacna.
- Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de TACNA, por INDECI (2007).

### **A. Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051(2004), para ciudades sostenibles - Tacna**

Se desarrolló mapas de peligros de la ciudad de Tacna, para los distritos de Tacna, Gregorio Albarracín, Pocollay y Complemento Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. En su resumen ejecutivo se indica que los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, en sus actuales áreas urbanas, los suelos presentan malas características geotécnicas, con amplificación sísmica elevada y capacidades portantes menores a  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ . Las áreas de expansión, en la parte alta del Cerro Intiorko correspondientes a las pampas costaneras, están conformadas por roca, cubiertos por material transportado de 0,50 cm de potencia. La zonificación en el distrito alto Alianza indica que actualmente se asienta sobre depósitos, aluviales (SM\_2), diluviales (SM\_2), de ceniza volcánica (SM\_1) y de relleno o antropogénicos (R). Aquí como en el distrito de Pocollay se diferencia los depósitos de Ceniza Volcánica con los aluviales y diluviales a pesar de su clasificación SUCS igual a SM.

El distrito limita con la provincia de Tarata, en la zona de expansión de la parte alta del Cerro Intiorko. Esta parte alta está formada por roca volcánica del tipo Ignimbrita de resistencia a la compresión simple mayor a los 15 Mpa, lo cual corresponde a buenas características de resistencia para la ampliación urbana.

El estudio realizó seis calicatas, en el distrito de Alto Alianza, cuyos resultados de capacidad admisible se calcularon según las recomendaciones de Prandtl, el método de Terzaghi (1955), la fórmula de Meyerhof (1963), la fórmula de Hansen (1970) y la fórmula de Vesic (1975).

Tabla 3. Datos de la cimentación calicata CA-01. La Florida, Alto Alianza

Ancho cimentación	1.0 m
Largo cimentación	1.0 m
Profundidad plano de cimentación	1.2 m
Altura de encaje	1.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.35
Asientos después de T años	0.0

Fuente: INDECI Ciudades Sostenibles

Se tiene que DH es el espesor del estrato; Gam: peso específico; Gams: peso específico saturado; Fi: ángulo de rozamiento interno; Ficorr: ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: cohesión; Ccorr: cohesión corregida según Terzaghi; Ey: módulo elástico; Ed:



módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: coef. consolidación primaria; Cs: coef. consolidación secundaria; cu: cohesión sin drenar.

Tabla 4. Valores de parámetros de resistencia

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Ey (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
2.5	14.62	14.91	29.73	20.94	0.0	0.0	0.0	12410.0	3940.0	0.0	0.0	0.0
2.5	18.0	18.3	33.77	24.13	0.0	0.0	0.0	17430.0	6840.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: INDECI Ciudades Sostenibles

Los resultados de la carga última y la carga admisible, corresponde a:

Carga última según Hansen (1970) (Condición drenada)

Presión última 194.08 kN/m<sup>2</sup>

Presión admisible 64.69 kN/m<sup>2</sup>

Carga última según Terzaghi (1955) (Condición drenada)

Presión última 149.59 kN/m<sup>2</sup>

Presión admisible 49.86 kN/m<sup>2</sup>

Carga última según Meyerhof (1963) (Condición drenada)

Presión última 174.88 kN/m<sup>2</sup>

Presión admisible 58.29 kN/m<sup>2</sup>

Carga última según Vesic (1975) (Condición drenada)

Presión última 204.15 kN/m<sup>2</sup>

Presión admisible 68.05 kN/m<sup>2</sup>

Este estudio abarco la zona del alto Tacna o zona denominada sector 7 de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva

## **B. Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Tacna, INDECI (2007).**

El Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, ejecutó, a través del Proyecto PNUD PER/02/051 00014426, el Programa Ciudades Sostenibles, que concibe a la ciudad como una entidad segura,

saludable, atractiva, ordenada y eficiente en su funcionamiento y desarrollo, con respeto a su heredad histórica y cultural, de manera que sus habitantes puedan vivir en un ambiente seguro y confortable.

Los objetivos principales del Programa de Ciudades Sostenibles son:

- Revertir las tendencias del crecimiento caótico de las ciudades, concentrándose en la seguridad física de la ciudad, reduciendo el riesgo dentro de la misma y sobre sus áreas de expansión.
- Promover una cultura de prevención de los efectos de los fenómenos naturales entre las autoridades, instituciones y población, reduciendo los factores antrópicos que incrementan la vulnerabilidad en las ciudades.

El estudio diseña una propuesta de mitigación con el fin de orientar las políticas y acciones de la Municipalidad Provincial de Tacna, de las Municipalidades Distritales y otras instituciones vinculadas al desarrollo urbano de la ciudad, teniendo en cuenta criterios de seguridad física ante peligros naturales y antrópicos; e identificando sectores críticos mediante la estimación de los niveles de riesgo. Esto comprende, una profunda evaluación de peligros y de vulnerabilidades en el ámbito territorial del estudio. Promover y orientar la racional ocupación del suelo urbano y de las áreas de expansión considerando la seguridad física del asentamiento.

El estudio hace mención a que los suelos localizados al Nor este (alto de la Alianza y Ciudad Nueva), en contraposición; presentan condiciones inadecuadas para soportar edificaciones. Los suelos de escasa resistencia a la compresión, constituyen el gran peligro ante la incidencia de un sismo. Se sigue propiciando la ocupación paulatina de sus suelos para fines de vivienda y otros complementarios, con mayor rapidez que en los lugares seguros.

Se hace mención a que la ciudad de Tacna tenía al año 2005 una población de 240,243 hab. Para los años 2009, 2012 y 2015 se proyecta una población de 285,398 hab., 311,602 hab., y 348,826 hab., respectivamente.

### **C. Correlaciones en suelos granulares finos compactados, usando equipos de penetración**

Esta investigación corresponde a una de tesis que es el resultado de un estudio experimental sobre las correlaciones de los diferentes equipos de penetración en un suelo arenoso igualmente compactado, a fin de establecer ecuaciones de correlación entre ellas<sup>7</sup>.

Los ensayos experimentales se realizaron en un pozo de 2.0 m de diámetro y 10.0 m de profundidad, excavado en el jardín situado frente al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Se llenó con arena fina no plástica, compactada por capas con densidad relativa igual a  $D_r=18.19\%$ , correspondiente a un grado de compactación de  $GC=90\%$  y Densidad Relativa de  $D_r=69.27\%$  correspondiente a un grado de compactación de  $GC=100\%$ , referido a la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.

La caracterización geomecánica del suelo arenoso, empleando ensayos estándares de granulometría, límites de Atterberg, gravedad específica y contenido de humedad. En cuanto a los ensayos especiales, se realizaron densidades máximas y mínimas, Proctor modificado, deformación bajo carga (ensayo edométrico) y Corte Directo.

---

<sup>7</sup> Cfr.: Atala, 2011

Se realizó una recopilación de la información existente sobre correlaciones entre los diferentes equipos y relaciones con las principales propiedades del suelo: ángulo de fricción interna, densidad relativa y módulo de elasticidad.

En el suelo compactado con  $D_r=18.19\%$  ( $GC=90\%$ ), se realizaron: 3 pruebas de SPT (Standard Penetration Test), 2 pruebas de auscultación con el cono dinámico Tipo Peck, 2 pruebas con el DPL (Dynamic Probing Light), 2 pruebas con el DPM (Dynamic Probing Medium), pruebas con el Cono Sowers, 2 pruebas con el WST (Weigh Sounding Test) y 2 pruebas empíricas empleando una varilla de construcción de  $\frac{1}{2}$ ". No se programó pruebas de CPT (Cone Penetrometer Test) debido a los valores muy bajos obtenidos con las primeras pruebas que no permitieron establecer correlaciones entre ellas.

En el suelo compactado con  $D_r=69.27$  ( $GC=100\%$ ) se realizaron 12 pruebas de SPT, 2 pruebas con el Cono Peck, 2 pruebas con el DPL, 2 pruebas con el DPM, 2 pruebas con el WST, 2 pruebas con el CPT, 2 pruebas con el Cono Sowers y 2 pruebas empíricas con varilla de  $\frac{1}{2}$ ".

Además se realizaron pruebas al inicio de cada nivel sin sobrecarga geostática, a fin de verificar el efecto del confinamiento (overburden), el efecto de la longitud de las barras, sin empotrar colocando el martillo en la superficie y al fondo de la calicata y del diámetro de la calicata.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEORICO

#### 2.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES DE EDIFICACIONES

##### 2.1.1 Cimentaciones superficiales: capacidad de carga última

Todas las estructuras están soportadas por cimentaciones y finalmente por suelo o roca, el éxito de un proyecto estructural depende en gran parte del ingeniero especialista en cimentaciones. Sin embargo, la planificación general, el proyecto y la construcción requieren los esfuerzos combinados de varias disciplinas.

##### 2.1.2 Concepto general

Considerando una cimentación corrida que descansa sobre la superficie de arena densa o suelo cohesivo firme con ancho  $B$ , con carga que se aplica gradualmente a la cimentación, el asentamiento se incrementará. La variación de la carga por unidad de área  $q$ , sobre la cimentación se muestra también en figura 13, junto con el asentamiento. En cierto punto, cuando la carga por unidad de área es igual a  $q_u$ , tendrá lugar una falla repentina en el suelo que soporta la cimentación y la zona de falla en el suelo se extenderá hasta la superficie del terreno. Esta carga por área unitaria  $q_u$ , se denomina generalmente capacidad de carga última de la cimentación. Cuando este tipo de falla repentina tiene lugar en el suelo, se denomina falla general por corte.

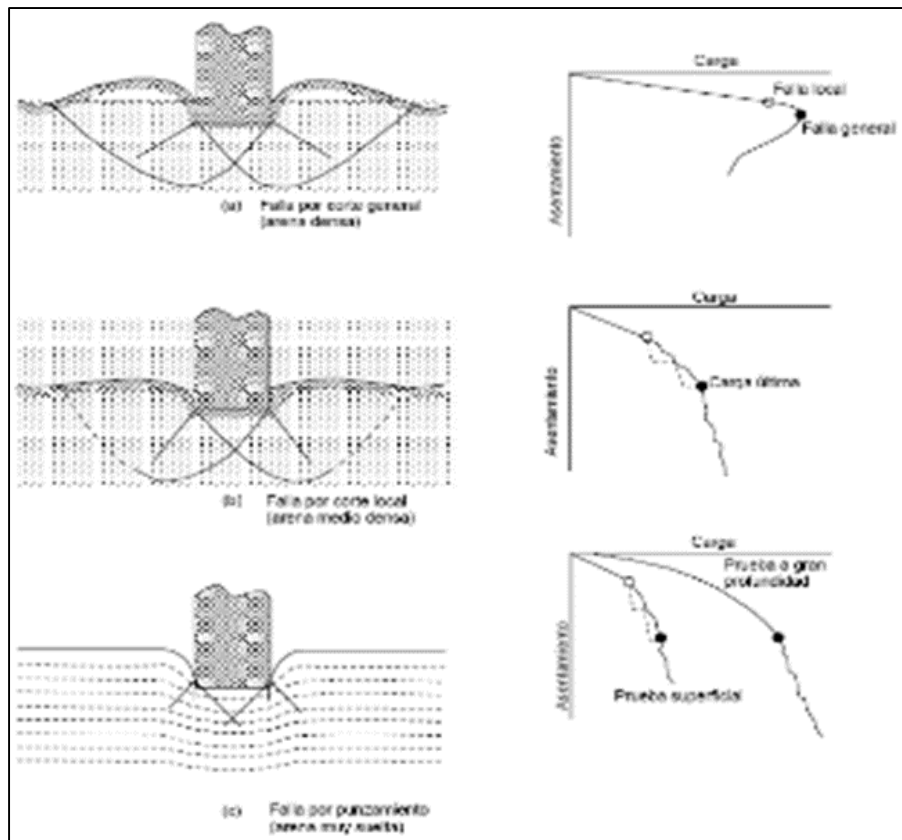


Figura 12. Tipos de fallas de cimentaciones superficiales

Fuente: B. Das

Si la cimentación descansa sobre suelo arenoso o arcilloso medianamente compacto, un incremento de carga en la cimentación también será acompañado por un asentamiento. Sin embargo, en este caso la superficie de falla en el suelo se extenderá gradualmente hacia afuera desde la cimentación, como muestra las líneas continuas en la figura. Cuando la carga por área unitaria sobre la cimentación es igual a  $q_u$ , el movimiento estará acompañado por sacudidas repentinas. Se requiere entonces un movimiento considerable de la cimentación para que la zona de falla en el suelo se extienda hasta la superficie del terreno, como muestra la línea discontinua de la figura 12. La carga por unidad de área bajo la cual sucede es la capacidad de carga última,  $q_u$ . Más allá de este punto, una mayor carga estará acompañada de un gran asentamiento. La carga por

unidad de área de la cimentación  $q_u$ , se denomina carga primera de falla. Nótese que un valor máximo de  $q$  no se presenta en este tipo de falla, llamada falla local por corte del suelo.

Si la cimentación es soportada por un suelo bastante suelto, la gráfica carga asentamiento será como lo muestra la figura. En este caso, la zona de falla en el suelo no se extenderá hasta la superficie del terreno. Más allá de la carga última de falla  $q_u$ , la gráfica carga asentamiento se inclinará y será prácticamente lineal. Este tipo de falla en suelos se denomina falla por corte por punzonamiento.

### 2.1.3 Teoría de la capacidad de carga de Terzaghi

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

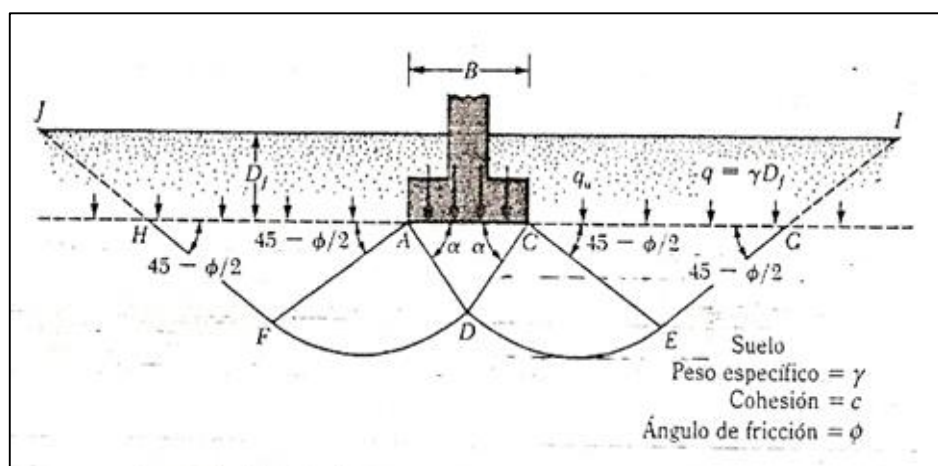


Figura 13. Falla por capacidad de carga

Fuente: B. Das

Terzaghi sugirió que para una cimentación corrida, la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede suponerse similar a la mostrada en la figura 16 (note que este es el caso para la falla general por corte). El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobre carga equivalente efectiva  $q = \gamma * D_f$  (donde  $\gamma$  = Peso específico del suelo). Esta zona de falla se puede separar en tres partes.

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

La zona I es una cuña que se mueve como cuerpo rígido con el cimiento, verticalmente hacia abajo. La zona II es de deformaciones tangencial radial; la frontera CD de esta zona forma con la horizontal el ángulo  $\alpha$ , si la base del cimiento es rugosa este ángulo tenderá a aproximarse a  $\phi$ , pero si fuera idealmente liza sería  $45 + \phi/2$ . La zona III es una zona de estado plástico pasivo de Rankine.

Si el suelo sobre el que se apoya el cimiento tuviera cohesión y  $D_f$  fuera diferente de cero (existiendo sobrecarga  $q$ ) entonces la carga máxima es.

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{1}{2} * B * \tan \phi \\
 \delta &= \phi \text{ (por ser contacto suelo con suelo)} \\
 \alpha &= \phi
 \end{aligned}$$

Entonces:

$$q_u = c * \left( \frac{K_{pc}}{\cos \phi} + \tan \phi \right) + \frac{q * K_{pq}}{\cos \phi} + \frac{1}{4} * \gamma * B * \tan \phi * \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

$$K_{p\gamma} = \tan^2 45 + \frac{\phi}{2}$$



Badillo muestra un cimiento continuo con bases rugosas y aparece la superficie de falla CDE, por esta se supone que pasa la falla. Prandtl obtuvo la ecuación de dicha superficie, para un medio rígido-plástico y con  $\gamma=0$ , esta solución es la producida por C D1 E1, el arco C D1, es una espiral logarítmica.

Para este caso será:

$$q_u = c * \left( \frac{K_{pc}}{\cos \phi} + \tan \phi \right) + \frac{q * K_{pq}}{\cos \phi} = c * N_c + q * N_q$$

Para el caso  $\gamma \neq 0$ ,  $c=0$  y  $q=0$ , no se ha podido obtener una solución matemática, pero puede determinarse una forma aproximada de dicha superficie, y se puede garantizar que se obtendrá más alta que la anterior es decir C D2 E2.

Para este caso será:

$$q_u = \frac{1}{4} * \gamma * B * \tan \phi * \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) = \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma$$

Para el caso general  $\gamma \neq 0$ ,  $c \neq 0$  y  $q \neq 0$ , la superficie de falla es una intermedia entre las dos anteriores, puesto que para el caso general tampoco existe una solución teórica completa relativa a la superficie de falla. De estos análisis se desprende que la superficie de falla estará entre los dos casos vistos y será CDE, Terzaghi concluye que es razonable considerar que la capacidad de carga real está dada por la suma de los tres términos antes analizados:

$$q_u = c * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma$$

Terzaghi no obtuvo los valores de  $N_c$  ni  $N_q$ , estos se obtuvieron con soluciones matemáticas de Prandtl:

$$Nq = \frac{\left( e^{\left(\frac{3}{4}\pi - \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi} \right)^2}{2 * \left( \cos 45 + \frac{\phi}{2} \right)^2} = \frac{e^{2\left(\frac{3}{4}\pi - \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi}}{2 * \left( \cos 45 + \frac{\phi}{2} \right)^2}$$

$$Nc = \cot \phi * \left[ \frac{\left( e^{\left(\frac{3}{4}\pi - \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi} \right)^2}{2 * \left( \cos \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2} - 1 \right] = \cot \phi * (Nq - 1)$$

Se puede concluir que para el ángulo  $\alpha = \phi$ , la carga última de una cimentación corrida es:

$$q_u = c * Nc + q * Nq + \frac{1}{2} * \gamma * B * N\gamma$$

Para cimentaciones cuadradas o circulares, la ecuación puede modificarse a:

$$\text{Cimentación cuadrada } q_u = 1.3 * c * Nc + q * Nq + 0.4 * \gamma * B * N\gamma$$

$$\text{Cimentación circular } q_u = 1.3 * c * Nc + q * Nq + 0.3 * \gamma * B * N\gamma$$

Para cimentaciones que exhiben falla local por corte en suelos, se sugirió reemplazar

$$\phi \text{ por } \tan^{-1} \left[ \frac{2}{3} * \tan \phi \right], \text{ dando } N'c, N'q \text{ y } N'\gamma:$$

$$\text{Cimentación corrida } q_u = \frac{2}{3} * c * N'c + q * N'q + \frac{1}{2} * \gamma * B * N'\gamma$$

$$\text{Cimentación cuadrada } q_u = 0.867 * c * N'c + q * N'q + 0.4 * \gamma * B * N'\gamma$$

$$\text{Cimentación circular } q_u = 0.867 * c * N'c + q * N'q + 0.3 * \gamma * B * N'\gamma$$

#### 2.1.4 Factor de seguridad

El cálculo de la capacidad de carga bruta admisible de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta.

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

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

$$q_{neta(u)} = qu - q$$

Donde:

$q_{neta(u)}$  = capacidad de carga última neta

$q$  =  $\gamma \cdot D_f$

Entonces:

$$q_{adm(neta)} = \frac{qu - q}{FS}$$

El factor de seguridad por lo general es de 3 a 5, dependiendo de la incertidumbre del suelo.

### 2.1.5 Ecuación general de la capacidad de carga

Las ecuaciones de capacidad de carga última presentadas, son únicamente para cimentaciones continuas, cuadradas y circulares. Éstas no se aplican al caso cimentaciones rectangulares ( $0 < B/L < 1$ ). Además las ecuaciones no toman en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del nivel de desplante de la cimentación. La carga sobre la cimentación puede estar inclinada, todas estas diferencias presentó Meyerhof en la ecuación general de capacidad de carga:

$$qu = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

$c'$	=	cohesión
$q$	=	esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación
$\gamma$	=	peso específico del suelo
$B$	=	ancho de la cimentación
$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$	=	Factor de forma
$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$	=	Factor de profundidad
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$	=	Factor de inclinación
$N_c, N_q, N_\gamma$	=	Factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga son factores empíricos basados en datos experimentales.

$$Nq = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) * e^{\pi * \tan \phi'}$$

$$Nc = (Nq - 1) * \cot \phi'$$

$$N\gamma = 2 * (Nq + 1) * \tan \phi'$$

Los factores de forma fueron recomendados por De Beer, basadas en relaciones empíricas de numerosas pruebas de laboratorio y son:

$$F_{cs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) * \left( \frac{Nq}{Nc} \right)$$

$$F_{qs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) * \tan \phi'$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.40 * \left( \frac{B}{L} \right)$$

Los factores de profundidad fueron propuestos por Hansen:

Para  $Df/B \leq 1$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \left( \frac{Df}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 * \tan \phi' * (1 - \sin \phi')^2 \left( \frac{Df}{B} \right)$$

$$F\gamma d = 1$$

Para  $Df/B > 1$

$$Fcd = 1 + 0.4 * \tan^{-1} \frac{Df}{B}$$

$$Fqd = 1 + 2 * \tan \phi' * (1 - \sin \phi')^2 \tan^{-1} \frac{Df}{B}$$

$$F\gamma d = 1$$

El valor de  $\tan^{-1} \frac{Df}{B}$  está en radianes.

Los factores de inclinación fueron propuestos por Meyerhof y Hanna, y son:

$$Fci = Fqi = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F\gamma i = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{\phi'^\circ}\right)^2$$

### 2.1.6 Capacidad de carga y asentamientos admisibles

En una cimentación superficial puede ser controlada por la capacidad de carga admisible. El asentamiento admisible mismo puede ser controlado por el reglamento de construcciones local. Entonces la capacidad de carga admisible el menor entre:

$$q_{adm} = \begin{cases} \frac{qu}{FS} \\ q_{asentamiento\ admisible} \end{cases}$$

El asentamiento de una cimentación puede dividirse en dos partes:

- Asentamiento inmediato o elástico, este tiene lugar durante o inmediatamente después de la construcción de la estructura.
- Asentamiento por consolidación, este asentamiento ocurre en el tiempo, debido a la expulsión del agua de poro de los espacios vacíos de los suelos arcillosos saturados.

Para el cálculo del asentamiento de la cimentación, se requiere la estimación del incremento del esfuerzo vertical en la masa de suelo debido a la carga neta aplicada a la cimentación, entonces se pueden seguir algunos pasos:

- Calcular el incremento de esfuerzo vertical
- Cálculo de asentamiento, elástico y por consolidación.
- Capacidad de carga admisible basada en el asentamiento elástico

Tomando como ejemplo una zapata circular de compacidad relativa de 0.70 según los ensayos que realizó Vesic el asentamiento medio en la falla de una zapata circular fue del 10% del diámetro, esto sería 0.30m. Si el factor de seguridad de 3, el asentamiento sería aproximadamente 7 a 10 cm.

Para una edificación este asentamiento es inaceptable. De aquí que en el proyecto de cimentaciones no suele ser suficiente con determinar únicamente la capacidad de carga e introducir un factor de seguridad. Debe determinarse el asentamiento bajo la carga a aplicar y proyectar la cimentación para que este asentamiento sea inferior a un valor admisible.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

Construyendo mapas de isovalores de las capacidades de carga de los suelos del Sector 7, las autoridades dispondrán de una herramienta que evite el crecimiento urbano indiscriminado, mitigando los daños por sismos.

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

###### **A. Hipótesis específica 1**

Los ensayos básicos y ensayos de resistencia al esfuerzo cortante, de los suelos arenos limosos, permiten su caracterización geotécnica.

###### **B. Hipótesis específica 2**

Los valores de la capacidad portante admisible de los suelos, permiten la construcción de mapas temáticos de isovalores.

###### **C. Hipótesis específica 3**

Con mapas de isovalores de capacidades de carga, las autoridades contarán con una herramienta para la toma de decisiones.

## 3.2 VARIABLES

### 3.2.1 Variable Dependiente

Cimentaciones Superficiales

#### 3.2.1.1 Indicadores

Definición	Indicador
Todas las edificaciones tienen estructuras que están soportadas por las cimentaciones y finalmente por suelo o roca, el éxito de un proyecto de vivienda depende en gran parte del ingeniero especialista en cimentaciones. Sin embargo, la planificación general, el proyecto y la construcción requieren los esfuerzos combinados de varias disciplinas.	Tipos de falla
	Factor Capacidad de carga
	Factor de profundidad, inclinación y de forma Asentamientos

Para el análisis de cimentaciones superficiales se utilizará la unidad de medida de la profundidad de desplante y de la sección de la cimentación superficial.

### 3.2.2 Variable Independiente

Capacidad Admisible del suelo

#### 3.2.2.1 Indicadores



Definición	Indicador
El análisis del suelo según Coulomb-Mohr se basa en las propiedades de resistencia del suelo. El ensayo de corte directo que impone sobre un suelo las condiciones idealizadas del ensayo. O sea, induce la ocurrencia de una falla a través de un plano de localización predeterminado. Sobre este plano actúan dos fuerzas (o esfuerzos): un esfuerzo normal debido a una carga vertical (Pv) aplicada externamente y un esfuerzo cortante debido a la aplicación de una carga horizontal (Ph).	Densidades
	Cohesión
	Angulo de fricción

Para el análisis de las capacidad admisible se utilizará la unidad de medida de la carga última (fuerza sobre área) sobre el factor de seguridad.

### 3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo aplicada, porque se orienta a resolver un problema inmediato; cuál es la falta de una caracterización de valores de la capacidad portante de los suelos que garantice la adecuada toma de decisión en las dimensiones y profundidades de desplante de las cimentaciones superficiales en la zona de estudio.

### 3.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

El nivel de la presente investigación es el Propositiva, que se caracteriza por la propuesta de una innovación, expresada en la caracterización de valores. La propuesta resuelve el problema por la escasa información que cuentan las instituciones, al servicio de los pobladores, para hacer cumplir los estudios de suelos con fines de diseño de cimentaciones de viviendas.

## **3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.5.1 Población**

La población objeto del estudio, está compuesto por 08 calicatas distribuidas de manera equidistantes en la zona de investigación. El estudio determinará valores de capacidad de carga admisibles para distintas profundidades y dimensiones de cimentación superficial de forma cuadrada.

### **3.5.2 Muestra**

Las muestras para el estudio de suelos se extraerán en sitios identificados con anterioridad, que reflejan la representatividad del área en estudio.

## **3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

### **3.6.1 Técnicas**

Las técnicas se basan en la realización de ensayos, diseños y planos, que consideran las recomendaciones de las normas y reglamentos. Las principales técnica utiliza la investigación bibliográfica y recolección de datos relacionados con la zona de investigación. Se consideran investigaciones de pregrado y post grado de las universidades que han considerado temas relacionados a la geotecnia y geología. Así mismo, se ha considerado trabajos de investigación realizada por instituciones públicas como INDECI, en temas de prevención y ciudades sostenibles.

### 3.6.2 Instrumentos

#### Equipos básicos de laboratorio

Los equipos básicos de laboratorio utilizados para determinar los ensayos, son los siguientes:

- Horno para el secado
- Balanzas con precisión al 0.1 y al 0.01gramos
- Juego de tamices con malla de abertura cuadrada
- Copa de Casagrande para determinar el límite líquido.
- Vidrio esmerilado para determinar el limite plástico
- Recipientes y accesorios
- Equipo de cono y arena para densidad de campo

Con estos equipos se determina los ensayos básicos siguientes:

- Contenido de Humedad NTP. 339.127 (ASTM D2216)
- Densidad Insitu NTP 339.143
- Análisis Granulométrico x tamizado NTP 339.128 (ASTM D422)
- Límite líquido y Límite plástico NTP 339.129 (ASTM D4318)
- Clasificación Unificada de Suelos SUCS NTP 339.134 (ASTM D2487)



Figura 14. Equipo de Granulometría y Límite Líquido

Fuente: Apuntes de Mecánica de suelos

## A. Equipo de Corte Directo

### ▪ Equipo de corte directo:

El equipo de corte con capacidad de producir esfuerzos normales y horizontales de corte; dotado con un carro móvil y caja donde se colocará la muestra entre piedras porosas para permitir el drenaje. Deformímetros para registrar asentamientos y deformaciones horizontales. Además, una celda que registre con precisión las fuerzas de corte aplicadas.

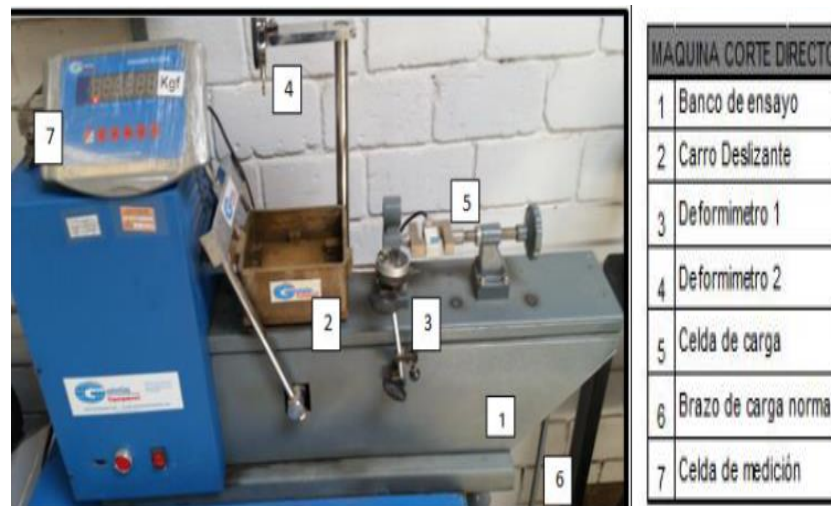


Figura 15. Equipo de Corte Directo

Fuente: Apuntes de Mecánica de suelos

### ▪ Caja de corte:

La figura muestra la caja de ensayo con sus partes principales.



Figura 16. Elementos de la caja de corte

Fuente: Apuntes de Mecánica de suelos

▪ **Dispositivo de carga:**

El dispositivo de carga sostiene la muestra con seguridad entre dos piedras porosas colocadas una en cada cara, de tal manera que no se presenten movimientos de torsión sobre ella.

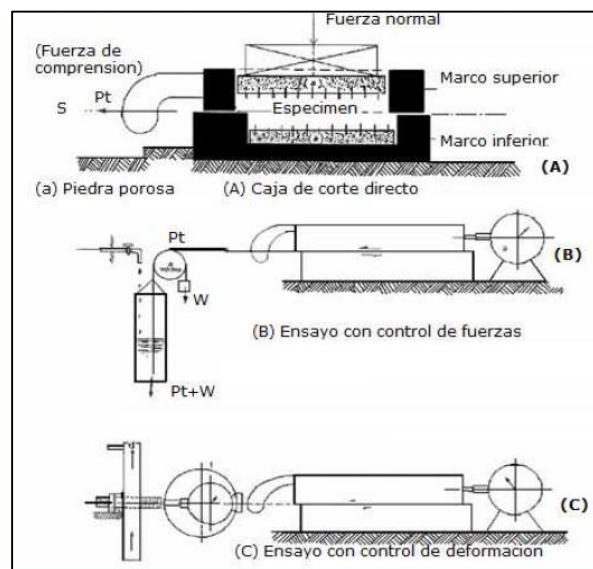


Figura 17. Elementos de dispositivo de carga

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC E-123

Además se deben tener también los dispositivos siguientes:

- Dispositivo para la aplicación de la fuerza normal
- Dispositivo para la aplicación de la fuerza de corte
- Piedras porosas
- Deformímetros para asentamientos y deformaciones horizontales
- Herramientas y accesorios

## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL USO DE LOS SUELOS

##### 4.1.1 Ubicación y extensión de la zona de estudio

El área de estudio se ubica en el Sector siete en la planicie del Alto Tacna del Distrito Alto de la Alianza Provincia y Región de Tacna. Colindante a la Carretera Tacna Tarata, entre los km 6+000 y km 7+000.



Figura 18. Mapa de ubicación de zona de investigación

Fuente: google maps

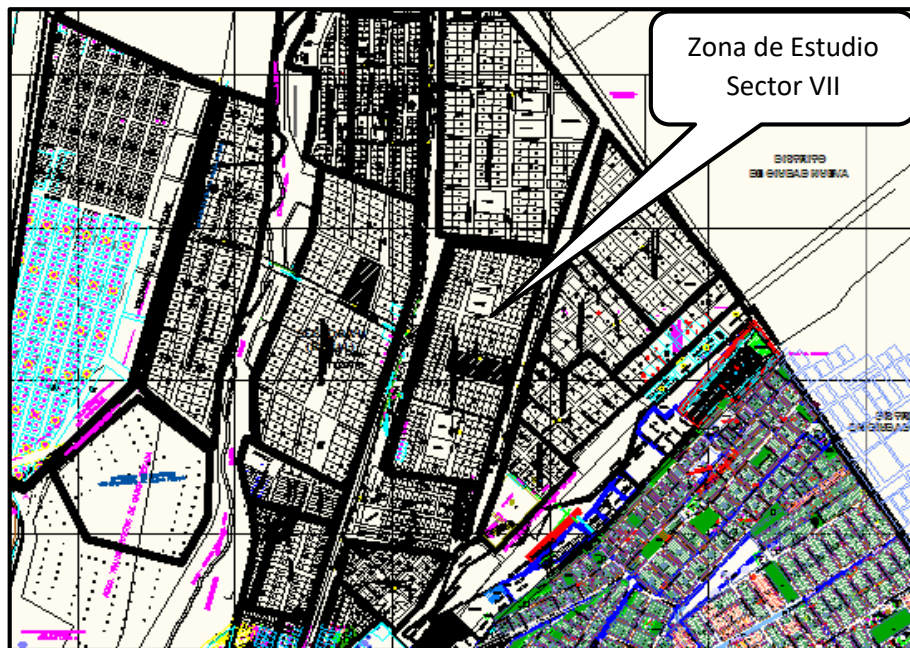


Figura 19. Plano básico del sector siete o zona de investigación

Fuente: Plano básico del Distrito Alto Alianza

El área de estudio abarca parte de las asociaciones mencionadas a continuación:

- Asociación Artesanal Taller Vivienda Héroes del Alto de la Alianza,
- Asociación criadores de porcinos San Juan Bosco
- Asociación criadores de porcinos San Fernando
- Asociación criadores de porcinos San Cristóbal
- Asociación criadores de porcinos San Miguel
- Asociación criadores de porcinos Alto pata
- Asociación criadores de porcinos Alto California
- Asociación criadores de porcinos Virgen de Chapí
- Asociación criadores de animales menores Las Vegas
- Asociación criadores de animales menores Alto Tacna
- Asociación criadores de animales menores Jorge Basadre
- Asociación criadores de animales menores La Cruz divina
- Asociación de granjas Nueva Tarata
- Otras asociaciones



#### 4.1.2 Condiciones climáticas y meteorológicas

Los datos climáticos, según un promedio histórico de 30 años en el distrito de Alto de la Alianza (zona de estudio), son los siguientes:

- Temperatura máxima : 27.2°
- Temperatura mínima : 9.5°
- Temperatura promedio : 17.9°

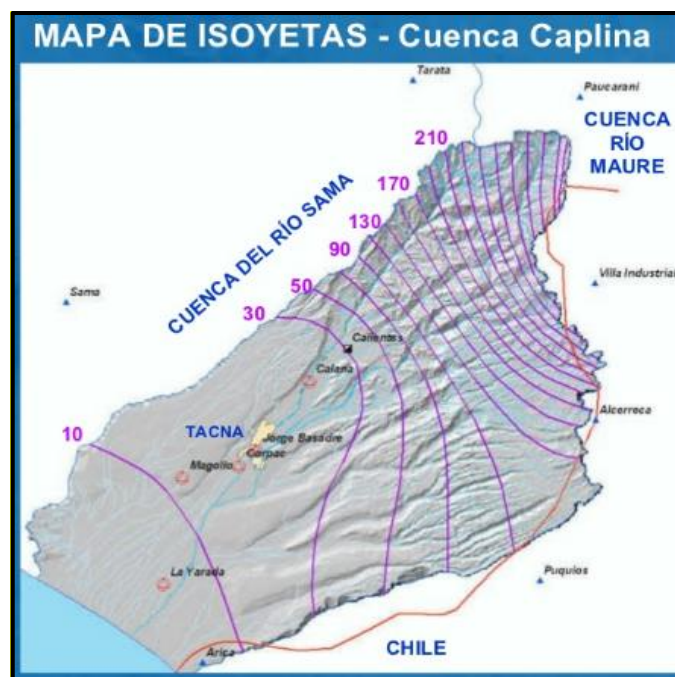


Figura 20. Mapa de isoyetas - cuenca caplina

Fuente: INGEMMET 2009 (Precipitación 1964-2002)

- Precipitación Pluvial mínima promedio de 2mm (junio) y máxima promedio de 8 mm (enero a marzo).
- Altitud aproximada de 730 m.s.n.m.
- Asolamiento mayor en verano con un promedio de 11 a 12 horas de sol por día; en invierno aproximadamente de 9 a 10 horas de sol.

### 4.1.3 Topografía

El área de estudio Alto Tacna (sector siete) presenta una topografía que varía de plano a ondulado. El terreno presenta pendientes variables ascendente de Oeste a Este entre 3.0% a 4.6%.

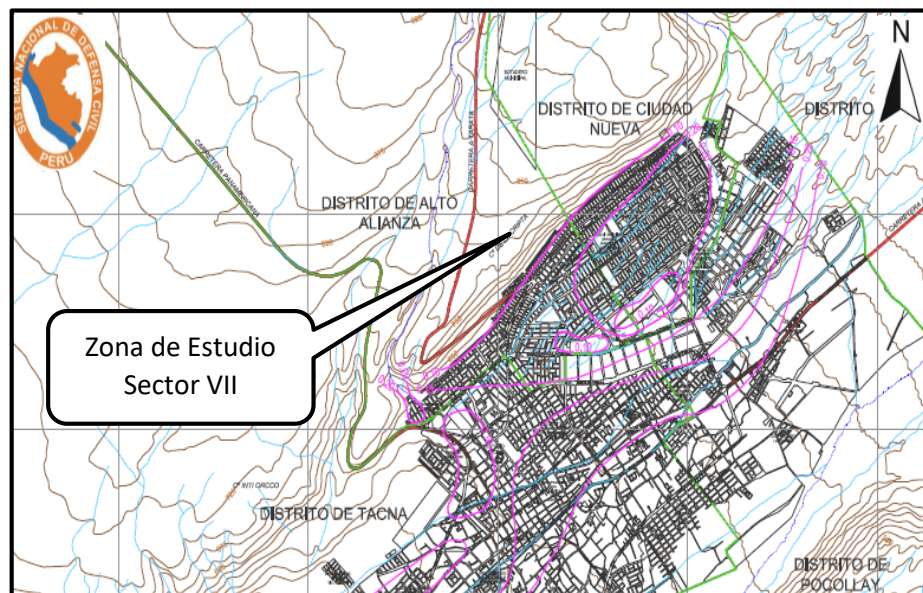


Figura 21. Mapa de Curvas de Nivel de Tacna

Fuente: Proyecto Ciudades Sostenibles INDECI-2004

### 4.1.4 Geología general

Según los estudios de proyecto INDECI – PNUD PER/02/051(2004) - Ciudades Sostenibles, la lito estratigrafía de la ciudad de Tacna presenta, la formación geológica más antigua de su entorno y que corresponde a la formación Moquegua miembro Superior, de edad terciario superior, compuesta de horizontes de conglomerados, areniscas, limonitas y arcillas; en la base del cerro Arunta. Sobre las rocas volcánicas ignimbríticas de la formación Huaylillas de edad terciario superior - cuaternario inferior que conforman el cuerpo principal de los Cerros Intiorko y Arunta, respaldos del valle del río Caplina. Conformando las pampas costaneras, se presenta

una unidad conglomerádica del cuaternario en la parte alta de los cerros y depósitos cuaternarios aluvial y fluvial recientes.

De acuerdo a la clasificación de suelos SUCS, Tacna está conformada de suelos tipo GP gravas mal graduadas, GW gravas bien graduadas, SP arenas mal graduadas, CL arcillas de baja compresibilidad, y SM arenas limosas; así como rellenos. La clasificación SM distingue tres tipos de arenas limosas (SM-1, SM-2 y SM-3), según su origen y con características geotécnicas diferentes. La SM-1 clasifica a las cenizas volcánicas de amplia distribución superficial en toda la parte Norte de la ciudad y muy buenas características geotécnicas. La SM-2 corresponde a arenas limosas de diluviales mezcladas con aluviales, de regulares características geotécnicas, distribuidas en las zonas urbanas marginales de los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. La SM-3 corresponde a arenas limosas de origen diluvial-fluvial, de pequeña distribución en el flanco Oeste de la ciudad, de malas características geotécnicas.

### **La Formación Huaylillas (T\_Hy)**

La mayor exposición de estos afloramientos se ubica en los cortes de las carreteras del Cerro Arunta, Cerro Intiorko (alto Tacna) y cerros ubicados al Nor-Oeste de la irrigación Alto Magollo.

### **Depósitos deluviales (Q de)**

Se forman por la erosión de suelos, gravedad y viento. Comprenden capas de suelo fino con arenas limosas con inclusiones de fragmentos pequeños a medianos de ignimbritas soldadas violáceas de la Formación Huaylillas, que se depositan y cubren las laderas de los cerros. Estos suelos pueden alcanzar hasta 2 m. de espesor. Su mayor extensión se ubica en las laderas del Cerro Intiorko a lo largo de los Distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Estos suelos presentan tonalidades rosadas y marrón claras y tienen alto contenido de sales y sulfatos.

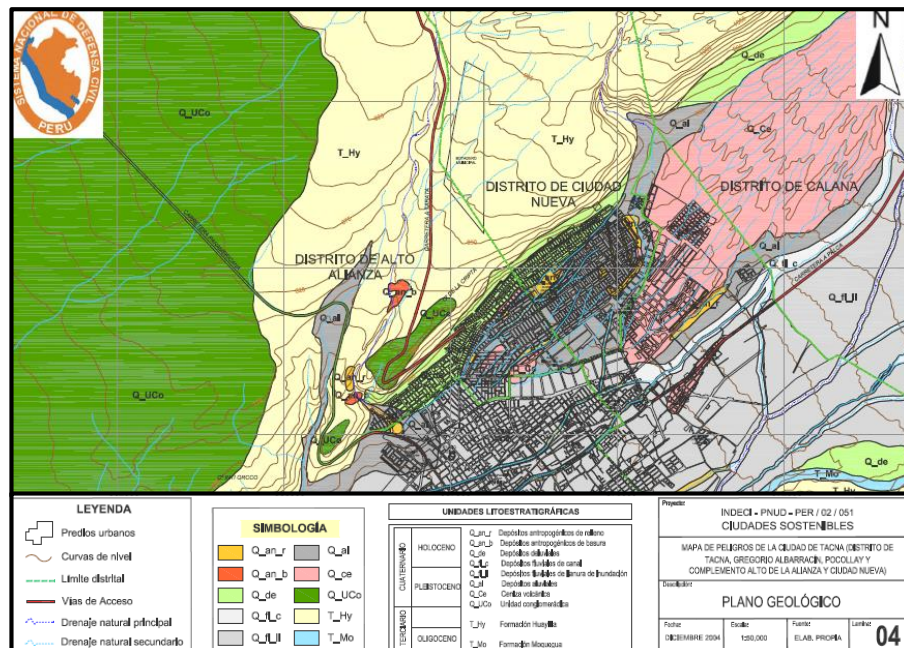


Figura 22. Mapa Geológico de Tacna

Fuente: Proyecto Ciudades Sostenibles INDECI-2004

#### 4.1.5 Geomorfología

La ciudad de Tacna está asentada en el Valle del Río Caplina, a 550 msnm, en medio de los Cerros Arunta e Intiorko, entre los 850 y 950 msnm respectivamente. La superficie de estos cerros forma grandes llanuras denominadas Planicies del Huayllillas. Están cubiertas por suelos residuales y arenas eólicas que les dan una tonalidad rosada a marrón clara. Las faldas de los cerros forman laderas que tienen pendientes que fluctúan entre 40% y 64%, cubiertas por depósitos deluviales.

El último evento aluvial en la quebrada Caramolle ha cortado y cubierto el depósito de cenizas volcánicas, dejando un canal de hasta 50 m. de ancho, donde se halla asentado parte del distrito de Ciudad Nueva en el Cono Norte. A lo largo de la Quebrada del Diablo, en el Distrito de Alto de la Alianza, en el tramo que está por desembocar al Valle de Tacna, se pueden observar dos cascadas escalonadas entre si y distantes en 1500 m. Ambas

tienen un salto de aproximado de 8 m y han servido de botadero municipal por largo tiempo.

Los depósitos de ceniza volcánica se extienden a manera de lomas en el valle, formando lenguas longitudinales. Estos depósitos presentan un drenaje subparalelo de dirección Nor-Este Sur-Oeste que desemboca en el cauce antiguo de la Quebrada Caramolle.

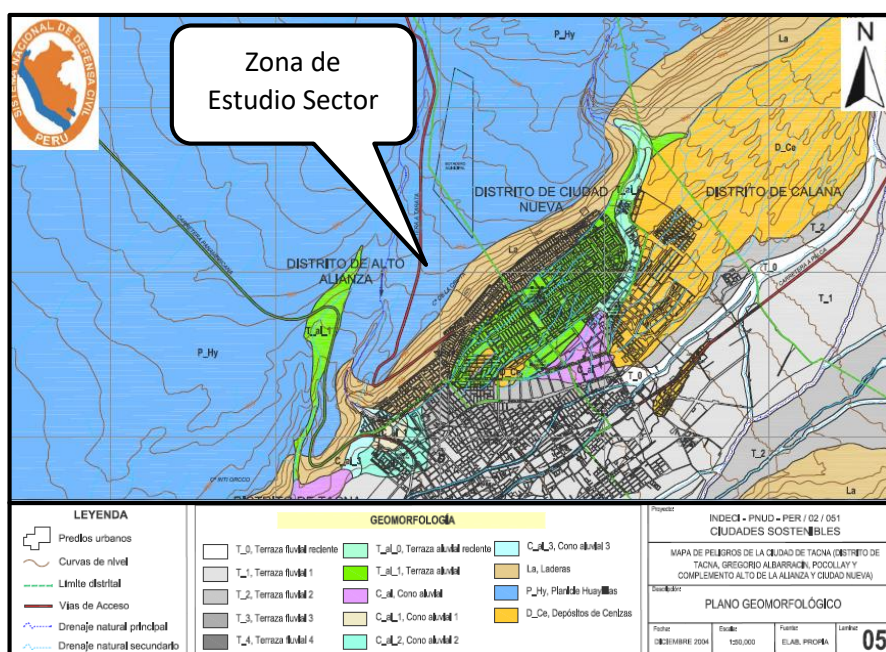


Figura 23. Mapa de Geomorfología de Tacna

Fuente: Proyecto Ciudades Sostenibles INDECI-2004

#### 4.1.6 Sismicidad

De acuerdo al nuevo mapa de zonificación sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE-030); se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Sismicidad (Zona 3). Los movimientos sísmicos históricos y notables en Tacna, corresponden a:

- ✓ Sismo del 24 de noviembre de 1604 con intensidad de VII en Arequipa, Arica, Tacna y Moquegua.
- ✓ Sismo del 18 de septiembre de 1863 con intensidad de VII en Tacna.
- ✓ Sismo del 13 de agosto de 1868 con intensidad X en Arica y IX en Arequipa, Tacna y Moquegua.
- ✓ Sismo del 4 mayo 1906 con intensidad de VII en Tacna y VI en Arica.
- ✓ Sismo del 16 de junio de 1908 con intensidad de VII en Tacna y Arica.
- ✓ Sismo del 4 de diciembre de 1934 con intensidad VI en Tacna y Arica.
- ✓ Sismo del 11 de mayo de 1948 con intensidad VI de Arequipa y Tacna.
- ✓ Sismo del 3 de octubre de 1951 con intensidad VII en Tacna.
- ✓ Sismo del 15 de enero de 1958 con intensidad de VII en Arequipa
- ✓ Sismo del 8 agosto 1987 con intensidad VI en Tacna y VII en Arica.
- ✓ Sismo del 23 de junio del 2001 con intensidad VI en Tacna, VII en Moquegua, VI en Arequipa.
- ✓ Sismo del 13 de Julio del 2005 con intensidad IV en Tacna.
- ✓ Sismo del 17 de Octubre del 2005 con intensidad IV en Tacna



Figura 24. Mapa de intensidades del sismo de 1868

Fuente: Isosistas según Mercalli Modificada (Kausel, 1985)

#### 4.1.7 Hidrología

El área abarca asociaciones que se encuentran enmarcadas sobre las faldas del Cerro Intiorko. No hay problema de drenaje superficial, ya que los reportes hidrográficos de la cuenca, demuestran que las precipitaciones no son considerables por lo que, la única cuenca colindante es el río seco denominado quebrada del diablo. Las cuencas del Caplina y Uchusuma están ubicadas al Este del área de estudio y en la parte baja de la ciudad.

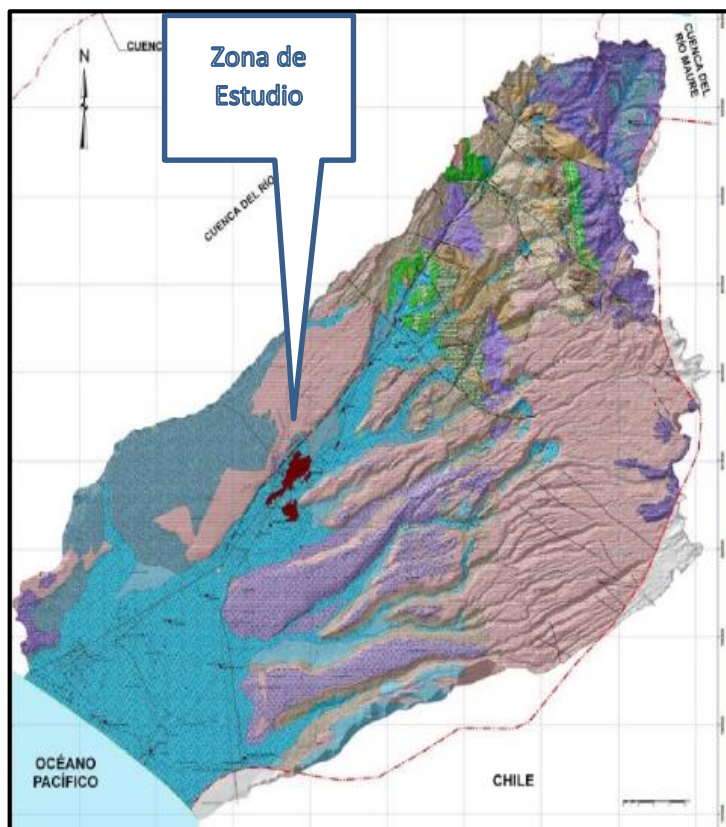


Figura 25. Mapa hidrogeológico de cuenca caplina

Fuente: INGEMMET 2009

#### 4.2 ZONIFICACION DEL SUELO EN ESTUDIO.

La justificación del problema señala que Tacna crece sin una planificación y ordenamiento urbano, sin estudios de suelos ni capacidad de carga

admisible. Gran parte del cono norte actual se ha asentado sobre suelo areno limoso de baja capacidad portante según estudios realizados por INDECI. Las instituciones públicas inciden en que no deben de ser habitadas dichas zonas, sin embargo la falta de viviendas, los pobladores construyen sus viviendas con cimentaciones empíricas sin que se garanticen la estabilidad de la misma.

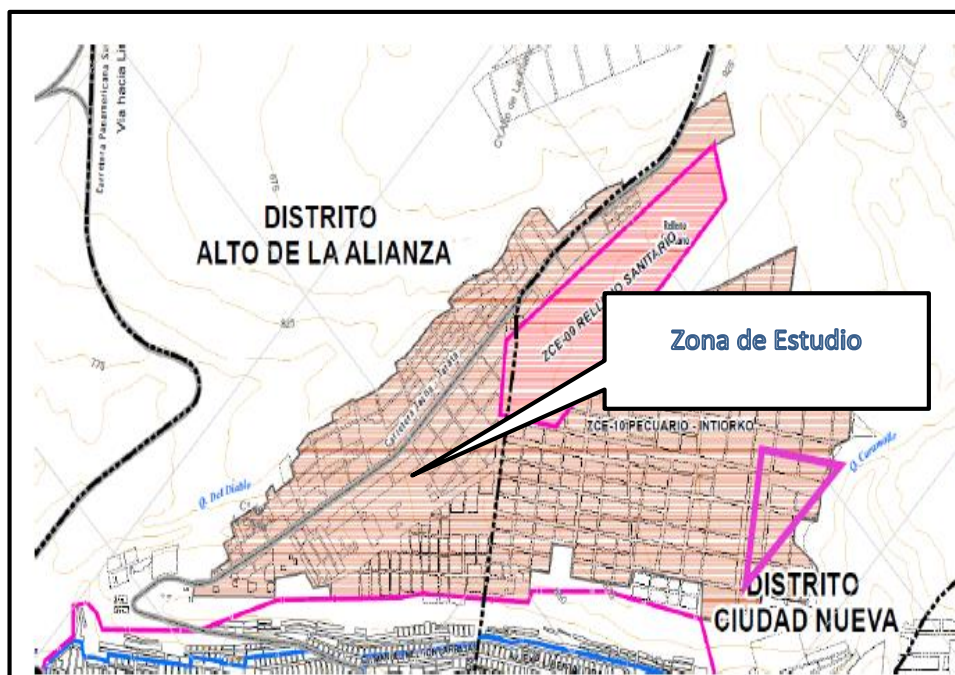


Figura 26. Mapa zonificación de uso de suelo zona de investigación

Fuente: PDU 2000-2010 MPT.

Según el PDU 2001-2010 toda el área del alto Tacna (sector siete) corresponde a una zona pecuaria. Este plan Director de Tacna, después del año 2010, tuvo varias ampliaciones hasta la aprobación del nuevo Plan Director del año 2015 (PDU 2015-2025 Tacna). La figura 29 muestra el nuevo plan de desarrollo urbano vigente, donde se aprecia suelo para zonificación de Industrial (taller vivienda) y zonificación para actividades pecuarias (crianza de animales menores) destinados a varias asociaciones.





Figura 27. Mapa zonificación actual de uso de suelo

Fuente: PDU 2015-2025 Municipalidad Provincial de Tacna

En el año 2014 se realizó el estudio de Geología Urbana y procesos de zonificación territorial en la ciudad de Tacna 2004, elaborado por Felix Chipana Mena para optar el título profesional de ingeniero geólogo por la Universidad Nacional Jorge Basadre. En dicha tesis se indica que el crecimiento demográfico ha concentrado alrededor de 91% de la población del departamento.

Este hecho ha generado el acelerado crecimiento urbanístico desordenado y ocupación de zonas susceptibles a fenómenos naturales, situación que se torna en un problema de seguridad física de los habitantes. La situación es agravada por la ubicación de la ciudad en una zona de procesos geológicos de ocurrencia cíclica, por lo que es necesario una valoración de la Geología del medio urbano de la ciudad como herramienta de base para el proceso de Zonificación Territorial. La valoración que significa determinar zonas apropiadas geológicamente, para la expansión urbana de manera sistemática y ordenada.

Tomando como base los estudios de INDECI-2004, concluye que el análisis de geología urbana realizado en la ciudad de Tacna, demuestra la importancia de incorporar este tipo de estudio como base en el perfeccionamiento de los procesos de zonificación territorial urbano.

Considerando el componente geológico, como factor importante en el conocimiento de zonas vulnerables a determinadas amenazas, define una ZONA C como áreas con restricciones geológicas moderadas (estabilidad condicionada o potencialmente inestables). La geología de esta zona corresponde a depósitos de cenizas volcánicas (Q<sub>ce</sub>).

El estudio realizado por el proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles del año 2004, incluye un programa de exploración de suelos desarrollado en base a 75 puntos de investigación mediante calicatas ubicadas estratégicamente. Con la información geológica local del área de estudio, se logra extrapolar la información y extenderla a toda el área de interés, donde es probable expansión urbana, especialmente en los distritos de Tacna, Ciudad Nueva, Alto de Alianza, Pocollay y Gregorio Albarracín.

El resumen ejecutivo indica que los suelos de los distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva y actuales áreas urbanas, son de malas características geotécnicas, con amplificación sísmica alta y capacidades portantes menores a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Sus áreas de expansión en la parte alta del cerro Intiorko, zona de pampas costaneras, están conformadas por roca bajo de una capa de suelo menor a 0,50 m. La zona de expansión de la parte alta del Cerro Intiorko, están conformadas por roca volcánica del tipo Ignimbrita de buenas características. La zonificación de suelos en la zona del Distrito Alto Alianza, indica que actualmente se encuentra asentado sobre depósitos aluviales (SM-2), depósitos deluviales (SM-2), depósitos de Ceniza Volcánica (SM-1) y depósitos de relleno o antropogénicos (R).

Según datos del estudio se han realizado 06 calicatas en el distrito de Alto Alianza, correspondiendo la calicata denominada CA-5 y CA-6, los que se ubican en el sector siete del Alto Tacna. Los ensayos realizados en estas calicatas fueron:

Ensayos de campo o in situ:

- ✓ Densidad natural húmeda y seca. ASTM D1556 NTP 339.143
- ✓ Ensayo de Penetración Estándar (SPT) ASTM D1586

Ensayos de laboratorio

- ✓ Humedad natural. ASTM D2216 NTP 339.127
- ✓ Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422 NTP 339.128
- ✓ Límites de Atterberg ASTM D4318 NTP 33.129
- ✓ Densidad mínima. ASTM D4254 NTP 339.138
- ✓ Densidad máxima ASTM D1557 NTP 339.141
- ✓ Corte directo residual ASTM D3080 NTP
- ✓ Contenido de sales y sulfatos. USBR E-8 NTP 339.152



Figura 28. Mapa de Ubicación de Calicata 05 y 06

Fuente: Mapa de Peligros de Tacna 2004

Los resultados obtenidos según los ensayos básicos en el distrito alto de la alianza se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Resultados de las propiedades físicas de los suelos

DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA											
CALICATAS		DENSIDAD DE CAMPO			PROCTOR MODIFICADO		DENSIDAD MINIMA (g/cm <sup>3</sup> )	LIMITE DE CONSISTENCIA			DENSIDAD RELATIVA %
UBICACIÓN	SIMBOLO	NATURAL (g/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD (%)	SECA (g/cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD MAXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD OPTIMA (%)		LL	LP	IP	
PLAZA ASOC. LA FLORIDA	CA-01	1,45	2,29	1,42	1,72	14,30	1,25	24,0	NP	NP	43,119
AV PANAMA CUADRA 12	CA-02	1,44	7,43	1,34	1,46	16,80	0,78	21,5	NP	NP	86,485
TERMINAL DEL ALTIPLANO	CA-03	1,80	4,28	1,73	1,89	11,75	1,21	21,8	NP	NP	83,500
PARROQUIA ALTO DE LA ALIANZA	CA-04	1,61	8,07	1,49	1,66	14,75	1,24	22,6	NP	NP	64,231
AMPLIACION URBANA	CA-05	1,57	1,51	1,55	1,86	14,50	1,29	22,4	NP	NP	54,472
AMPLIACION URBANA	CA-06	1,54	1,77	1,51	1,70	10,50	1,24	24,0	NP	NP	66,081

Fuente: Mapa de Peligros de Tacna 2004

Tabla 6. Clasificación del suelo SM en zona de expansión urbana

DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA						
CALICATAS		CLASIFICACION		MODULO DE	COEFICIENTE	COEFICIENTE
UBICACIÓN	DENOMINACION	SUCS	AASHTO	FINEZA	UNIFORMIDAD	CURVATURA
PLAZA ASOC. LA FLORIDA	CA-01	SM	A-2-4(0)	0,48		
AV PANAMA CUADRA 12	CA-02	SM	A-4(0)	0,52		
TERMINAL DEL ALTIPLANO	CA-03	SM	A-2-4(0)	0,48		
PARROQUIA ALTO DE LA ALIANZA	CA-04	SM	A-2-4(0)	0,45		
AMPLIACION URBANA	CA-05	SM	A-2-4(0)	1,05		
AMPLIACION URBANA	CA-06	SM	A-2-4(0)	0,66		

Fuente: Mapa de Peligros de Tacna 2004

Los estudios mencionan también otros ensayos como: consolidación, SPT, colapso unidimensional, pero solo en la zona urbana actual en la parte baja del distrito de Alto Alianza y Ciudad Nueva.

Es importante indicar que los suelos de la zona en estudio presentan sulfatos y sales totales disueltas similares a los suelos del Cono Norte de la ciudad de Tacna. El estudio evaluó resultados obtenidos en laboratorio, de muestras de suelos pertenecientes a las cinco zonas geotécnicas.

La Tabla 7, siguiente se muestran resultados de los ensayos de sales solubles y sulfatos de todas las muestras ensayadas en el estudio de Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna:

Tabla 7. Valores de Contenido de sales

<b>TABLA N° G-03. RESUMEN ENSAYOS DE SALES Y SULFATOS. UNJBG</b>				
<b>Muestra</b>	<b>SALES SOLUBLES</b>		<b>SULFATOS</b>	
	<b>%</b>	<b>Ppm</b>	<b>%</b>	<b>ppm</b>
CALICATA CP-07	0.1560	1560	0.0389	389
CALICATA CP-10	0.1790	1790	0.0423	423
CALICATA CG-04	0.0987	987	0.0198	198
CALICATA CG-09	0.0912	912	0.0171	171
CALICATA CP-01	0.2360	2360	0.0793	793
CALICATA CG-09	0.0867	867	0.0148	148
CALICATA CA-01	0.2304	2304	0.0681	681
CALICATA CC-03	0.2420	2420	0.0642	642
CALICATA CA-03	0.2300	2300	0.0540	540
CALICATA CC-01	0.1894	1894	0.0346	346
CALICATA CT-01	0.0965	965	0.0189	189
CALICATA CT-03	0.0947	947	0.0201	201
CALICATA CT-08	0.1243	1243	0.0398	398

Fuente: Mapa de Peligros de Tacna 2004

### 4.3 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Con el apoyo de personal contratado y de estudiantes de pregrado de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, se realizaron exploraciones del tipo calicatas, en la zona del proyecto y en zonas adyacentes. Se realizaron 08 calicatas distribuidas en el área, que se muestran en la figura.

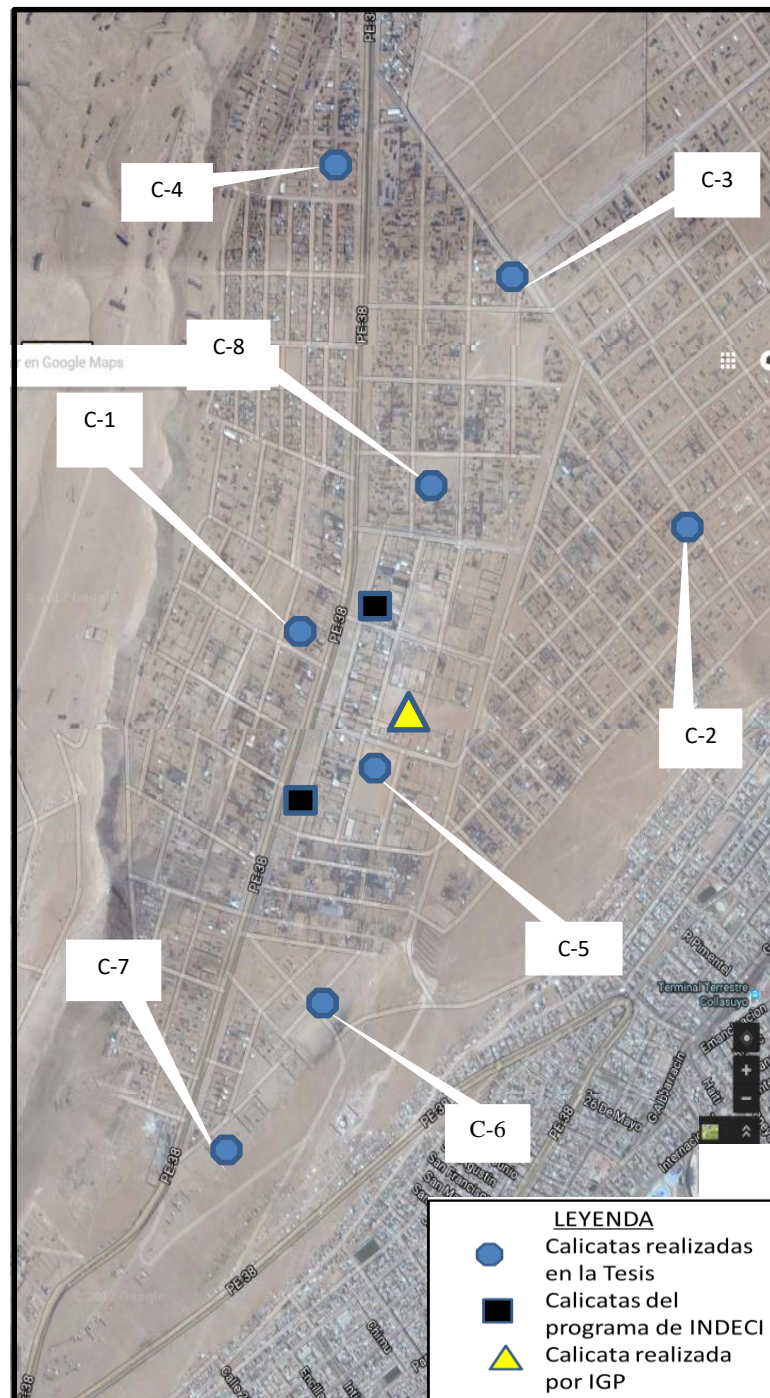


Figura 29. Mapa de Ubicación de calicatas

Fuente: elaboración propia

Las calicatas nos indican que los suelos son similares en el estrato suelto de 0.8 a 2.5m. debajo de esta profundidad existe un afloramiento rocoso.



Figura 30. Calicata C-1, suelo SM, prof. 2.5m

Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Calicata C-2, suelo SM, prof.0.8m

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32. Calicata C-3, suelo SM, prof. 1.1m

Fuente: Elaboración propia

CALICATA: N° 4		UBICACIÓN: CARRETERA TACNA TARATA ALTURA: KM 7	
PROFUNDIDAD (M)	ESTRATO	CLASIFICACIÓN	
		GRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0.00	E-1 SM		Pequeña capa de tierra blanca de baja compacidad. Material de relleno.
-0.30 m.	E-2 SM		Arena limosa de coloración marrón claro. Estrato de compacidad suelta (suelo sin cohesión).
-0.75 m.			
-1.20 m.	E-3		Presencia de afloramiento rocoso y presencia de elementos consolidados conocidos como "caliche".
-2.00 m.			

Figura 33. Calicata C-4, suelo SM, prof. 1.2m observa afloramiento rocoso

Fuente: Elaboración propia





Figura 34. Calicata C-5, suelo SM, prof. 1.2m observa afloramiento rocoso

Fuente: Elaboración propia



PROF. EN METROS	CLASIFICACION	CALICATA
	IMAGEN	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.00		<p>En esta distancia se encuentra nuestro primer estrato el cual es arena con presencia de limos</p> <p>Presenta coloración beige.</p>
-0.10		
-0.20		
-0.30		
-0.40		
-0.50		
-0.60		
-0.70		
-0.80		
-0.90		
-1.00		
-1.10		
-1.20		
-1.30		
-1.40		<p>En este estrato volvemos a encontrar arena limosa de tonalidad rosado pero mas compacto</p>
-1.50		
-1.60		
-1.70		
-1.80		
-1.90		
-2.00		
-2.10		
-2.20		

Figura 35. Calicata C-6, suelo SM, prof. 1.3m

Fuente: Elaboración propia



*Figura 36. suelo SM, prof. 0.9m*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 37. Calicata C-8, suelo SM, prof. 0.8m*

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado las calicatas se ha procedido a realizar el ensayo de densidad in situ, luego se ha tomado muestras alteradas para realizar los ensayos en el Laboratorio:

Los ensayos básicos y especiales realizados fueron:

- Contenido de humedad NTP. 339.127 (ASTM D2216)
- Densidad in situ NTP 339.143
- Análisis granulométrico por tamizado NTP 339.128 (ASTM D422)
- Límite líquido y Límite plástico NTP 339.129 (ASTM D4318)
- Clasificación Unificada de Suelos SUCS NTP 339.134 (ASTM D2487)
- Ensayo de Corte Directo ASTM D3080
- Ensayo de Penetración DPL ASTM D 3441 NTP 339.159

#### 4.3.1 Propiedades físicas de los suelos

Las muestras han sido procesadas en el laboratorio, desarrollando los modos operativos siguientes:



Figura 38. Ensayo de Humedad Natural, calicata C-5

Fuente: Elaboración propia



Figura 39. Ensayo de Densidad In situ, calicata C-1

Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Ensayo de Granulometría, calicata C-5

Fuente: Elaboración propia



Figura 41. Ensayo de Límite Líquido en Copa de Casagrande C-1

Fuente: Elaboración propia

Se ha clasificado la muestra según la metodología SUCS, se tuvieron en cuenta los resultados del ensayo de granulometría y de la plasticidad. Los resultados de los ensayos básicos como son la densidad de campo, la granulometría, la plasticidad y la profundidad de excavación de la calicata.

De los ensayos realizados y de la clasificación de los suelos, se describe los perfiles estratigráficos de las calicatas, como sigue:

Existe una capa superior de suelo areno limoso (SM) que varía su profundidad desde 0.8m a 2.5m de profundidad. El suelo ha sido clasificado igual o similar a lo indicado en el mapa de peligros de Tacna, como arenas limosas SM, sin embargo el estudio de INDECI generaliza 3 tipos de arenas limosas correspondiendo, dos tipos a la zona de estudio que son el SM-1 (cenizas volcánicas) de amplia distribución superficial y muy buenas características geotécnicas y SM-2 (arenas limosas) de deluviales mezcladas con aluviales, de regulares características geotécnicas y distribuidas en las zonas urbanas marginales de los distritos de Alto de la Alianza.

En el cuadro siguiente se muestran las propiedades físicas de las calicatas.

Tabla 8. Resumen de Ensayos básicos

Calicata	Ubicación	Densidad de campo		Prof. (m)	Plasticidad			Granulometría	
		DMS	H (%)		LL	LP	IP	Pas#4	Pas#200
C-1	Asociación criadores de animales menores Alto Tacna	1.58	1.30	2.50	18	NP	NP	99.2	19.0
C-2	Asociación criadores de porcinos Virgen de Chapí	1.79	2.1	0.80	16.5	NP	NP	100	18.9
C-3	Asociación criadores de animales menores Las Pascuas	1.61	1.46	1.10	19	NP	NP	93.1	14.1
C-4	Asociación de granjas Nueva Tarata	1.71	1.53	2.00	17.1	NP	NP	100	14.5
C-5	Asociación Artesanal Taller Vivienda Héroes del Alto de la Alianza	1.55	1.68	1.20	16.3	NP	NP	100	12.4
C-6	Asociación Hermandad de la santísima cruz del cerro Intiorko	1.60	2.0	2.20	17.2	NP	NP	98.1	20.3
C-7	Asociación criadores de aves Alto Santa Cruz Cerro Intiorko	1.87	1.21	0.90	17.7	NP	NP	95.9	16.7
C.8	Asociación criadores de animales menores Las Vegas	1.7	1.4	0.80	15.5	NP	NP	100	12.1

Fuente: Elaboración propia

Después de esta capa superficial se presenta un suelo rocoso, correspondiendo, según los estudios, a la formación Moquegua. Sobre esta formación se encuentran las rocas volcánicas ignimbríticas de la Formación Huaylillas, que conforman el cuerpo principal de los Cerros Intiorko y Arunta. Dichas rocas volcánicas en la época republicana, servía como cantera para la edificación de viviendas en Tacna, más conocida como piedra de cantería, estas rocas se puede observar en los cortes del Cerro Intiorko de la Carretera Tacna Tarata.

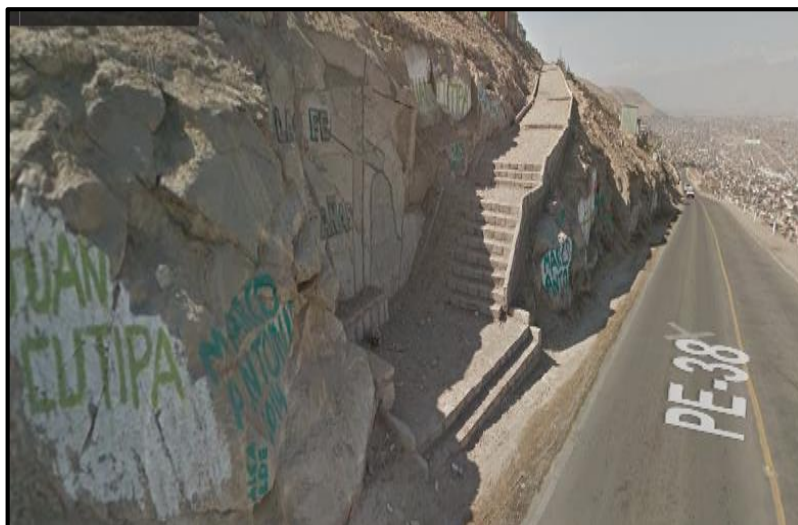


Figura 4243. Afloramiento rocoso en el cerro Intiorko

Fuente: google maps

### 4.3.2 Parámetros de resistencia

La determinación de los parámetros de resistencia se han realizado mediante ensayos de DPL (in situ) y ensayos de corte directo (en laboratorio), que de acuerdo a su proceso se obtienen cohesión y ángulo de fricción del suelo.



Figura 44. Preparación del equipo de DPL.

Fuente: Elaboración propia

El ensayo DPL se realizó en las calicatas, C1, C5 y C7. Este ensayo corresponde al hincado continuo en tramos de 10 cm de una punta cónica

de 60° utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo proporciona el registro continuo de resistencia del terreno a la penetración, existiendo correlaciones para encontrar el valor “N” de resistencia a la penetración estándar en función del tipo de suelo, para cada 30 cm de hincado.



Figura 45. Ejecución del ensayo de DPL. Costado calicata C-1

Fuente: Elaboración propia

A partir del ensayo de corte directo, se determinó el ángulo de fricción y la cohesión, tal como se muestra en los anexos.



Figura 46. Preparación y armado de la caja de corte

Fuente: Elaboración propia





Figura 47. Muestra remoldeada en la caja de corte

Fuente: Elaboración propia

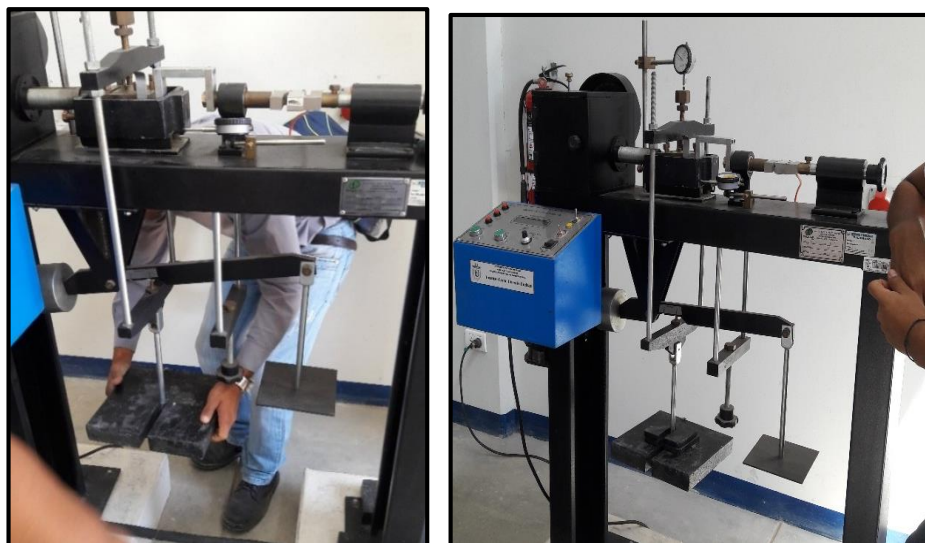


Figura 48. Ejecución del ensayo de corte Directo

Fuente: Elaboración propia

La cohesión se ha considerado como nula, dado que el suelo se clasifica como un suelo arenoso limoso. El ángulo de fricción mínimo obtenido

para la muestra de la calicata C-8 fue de 25° y el máximo de 31.51° para la muestra de la calicata C-1.

Tabla 9. Resumen de ensayos especiales de DPL y Corte Directo

Calicata	Ubicación	Corte Directo		SUCS	DPL (c/10cm)		
		C	0(°)		50	100	250
C-1	Asociación criadores de animales menores Alto Tacna	0.00	31.5	SM	8	8	49
C-2	Asociación criadores de porcinos Virgen de Chapí	0.00	30.3	SM			
C-3	Asociación criadores de animales menores Las Pascuas	0.00	26.5	SM			
C-4	Asociación de granjas Nueva Tarata	0.00	28.5	SM			
C-5	Asociación Artesanal Taller Vivienda Héroes del Alto de la Alianza	0.00	29.3	SM	11	48	
C-6	Asociación Hermandad de la Santísima Cruz del cerro Intiorko	0.00	29.5	SM			
C-7	Asociación criadores de aves Alto Santa Cruz Cerro intiorko	0.00	28.5	SM	10	47	
C.8	Asociación criadores de animales menores Las Vegas	0.00	25.2	SM			

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos realizados para la Calicata C-1, ensayaron la muestra con las características siguientes:

- Diámetro (D) 6 cm
- Altura (H) 2 cm
- Área (A) 36 cm<sup>2</sup>
- Volumen (V) 72 cm<sup>3</sup>
- Peso de la muestra total (w):

$$W = \gamma h * V$$

$$W = 1.87 \times 72 = 134.64 \text{ gr}$$

Se prepararon 3 muestras:

Descripción por Muestra	1	2	3
	0.515 Kg/cm <sup>2</sup>	1.014 Kg/cm <sup>2</sup>	1.514 kg/cm <sup>2</sup>
Sobrecarga	503.50 g		
Peso de la muestra total	113.76 g		
Carga adicionada	18 kg	36 kg	54 kg
Relación de carga	0.50		
Carga Normal Total (QT)	18.50 kg		
Velocidad de carga	0.138 mm/min		
Qt	18.50 kg	36.50 kg	54.50 kg
Σ	0.514 kg/cm <sup>2</sup>	1.014 kg/cm <sup>2</sup>	1.514 kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 10. Ingreso de datos del ensayo Corte Directo. Espécimen 1

<b>PRIMER ESPECIMEN</b>						
CONTENIDO DE HUMEDAD			CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DE CORTE	
ESTADO DE LA MUESTRA	NATURAL	COMPAC.	Diametro (cm.)		Sobre carga (gr.)	503.50
Recipiente N°	A12	A14	Altura (cm.)	2.00	Peso de Muestra (gr.)	168.48
Peso Suelo Humedo + Tara (gr.)	184.00	184.00	Densidad Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	2.34	Carga Adicionada (kg.)	18.00
Peso Suelo Seco + Tara (gr.)	181.80	181.80	Area (cm <sup>2</sup> )	36.00	Relación de Carga	0.50
Peso de Recipiente (gr.)	23.00	23.00	Volumen (cm <sup>3</sup> )	72.00	Carga Normal Total (kg.)	18.50
Contenido de Humedad (%)	1.39%	1.39%	Peso (gr.)	168.48	Velocidad de Carga (mm/m)	0.138
			Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.31	Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.514

Fuente Elaboración Propia (ensayo completo en anexos)

El valor de la cohesión se determina por un análisis de regresión por mínimos cuadrados, para encontrar el ajuste de los puntos de la recta y así su cruce por el eje vertical verifica cohesión igual a cero.

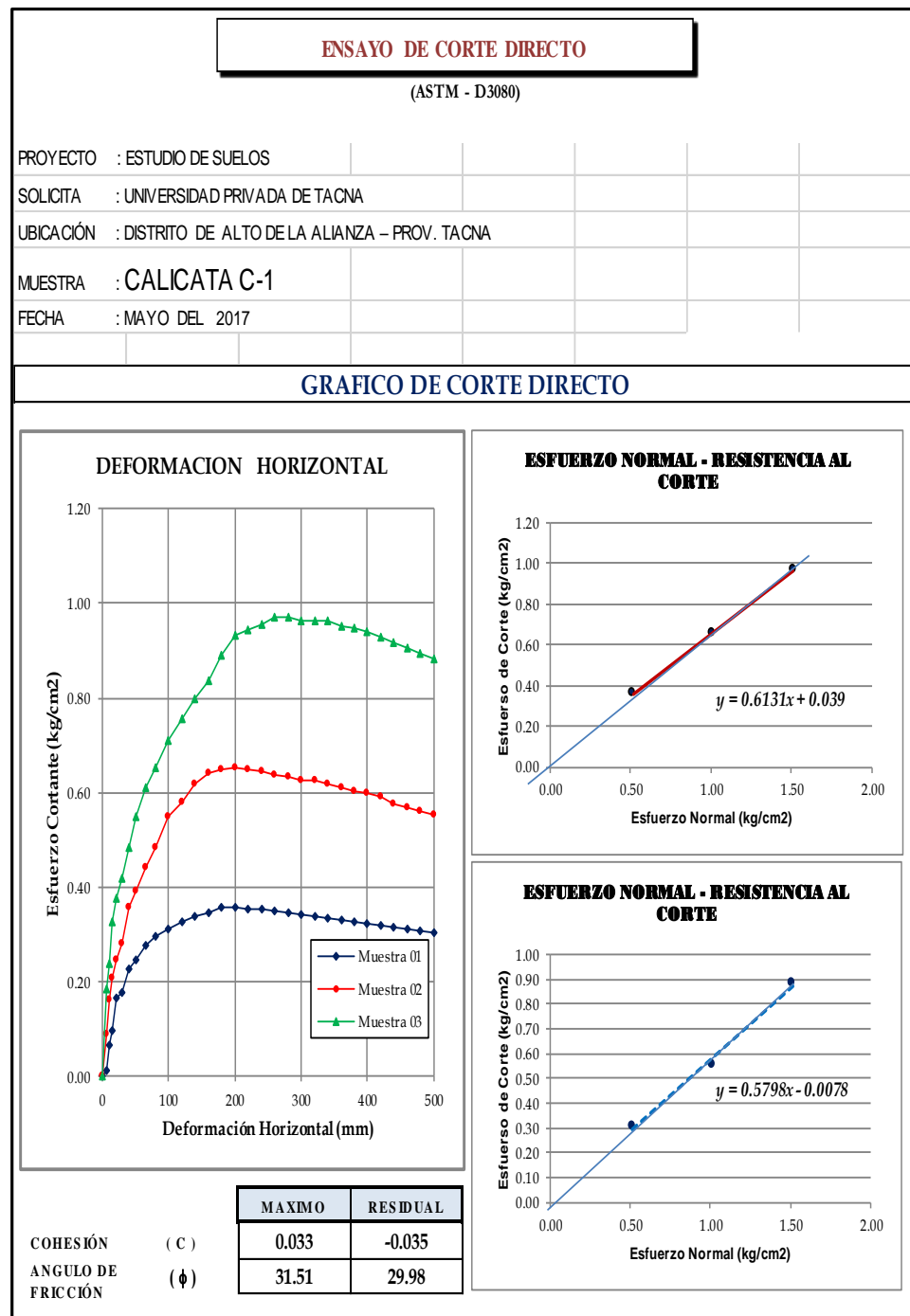


Figura 49. Formato de ensayo de corte directo

Fuente Elaboración propia

De acuerdo al Análisis de Regresión efectuado, se obtiene la recta de ajuste se determina el ángulo de fricción, de acuerdo a la pendiente de la recta.

$$y = 0.6131x + 0.039$$

Siendo;

El ángulo de fricción interna  $\phi$ , es el arctan de la pendiente de la recta de ajuste, igual a  $31.51^\circ$ . La cohesión  $c = 0 \text{ kg/cm}^2$ , al cruzar la pendiente por el origen.

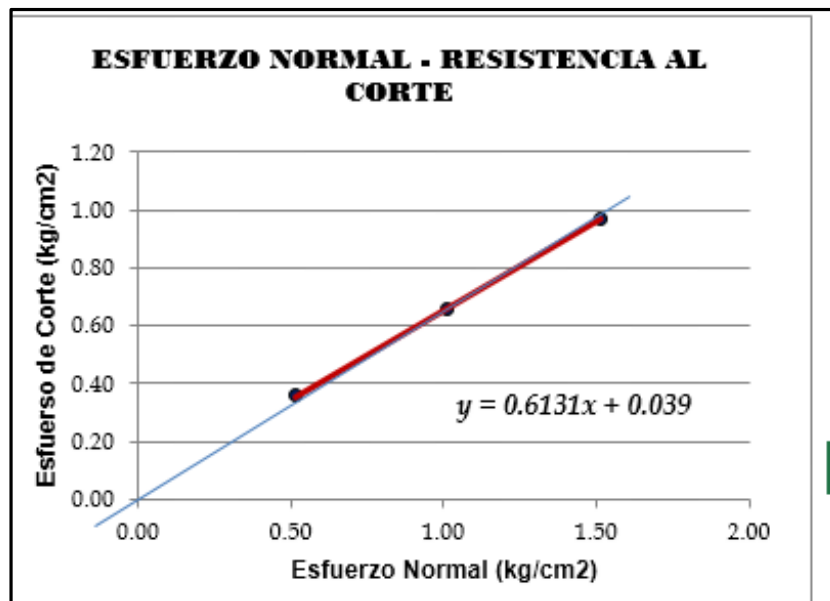


Figura 50. Grafico para determinar la Cohesión y Angulo de fricción

Fuente Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### PROPUESTA DEL MAPA TEMATICO

#### 5.1 SITUACION ACTUAL DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE.

En este capítulo se presenta la propuesta de los valores de capacidades admisibles para cimentaciones superficiales en la zona del Sector Siete de la planicie del cerro Intiorko (Alto Tacna) del distrito de Alto de la Alianza - Tacna. Como se había indicado en los antecedentes de la investigación y en los capítulos anteriores, se tienen algunos estudios relacionados con la geotécnica o capacidad portante de los suelos para expansión urbana o crecimiento de las ciudades. Los estudios investigados son escasos. Las características geotécnicas y de capacidad admisible esta zonificada en toda la ciudad de Tacna según mapa de peligros de Tacna del año 2004, pero esta no consideraba todavía la zona de nuestro estudio.

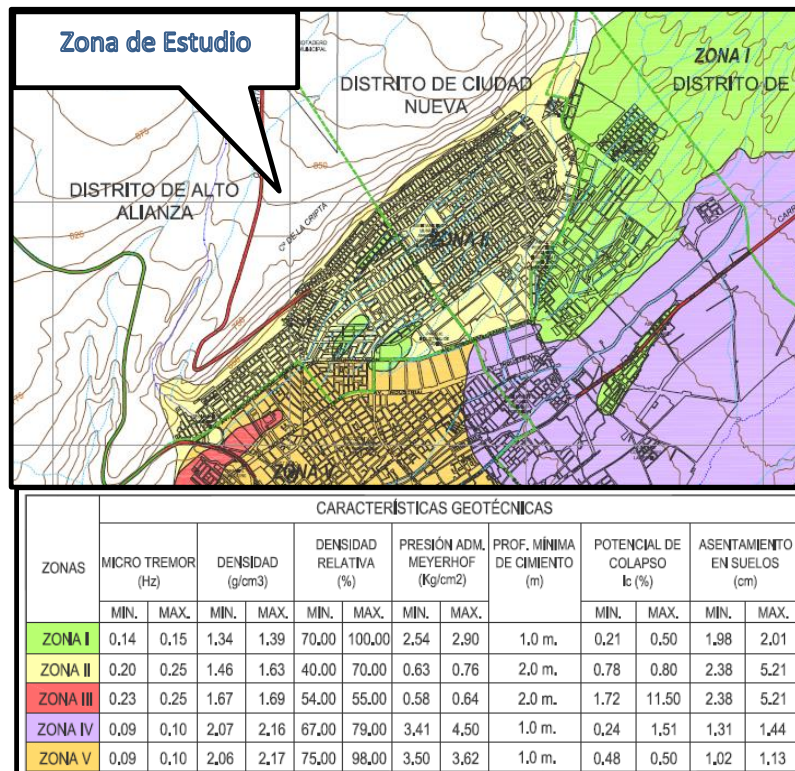


Figura 51. Mapa de características geotécnicas

Fuente: Mapa de Peligros de Tacna 2004.

El estudio por el Ing. Aya Guillén, Jean Pablo en el año 2015, presentado como ponencia en el XIX Congreso Nacional de Ingeniería Civil de Huaraz - 2015, cuyo tema fue “Estudio de suelos con fines de cimentación en el cerro Intiorko – distrito Alto de la Alianza – Región Tacna”, permite averiguar si son aptos para la edificación de viviendas. Se consideró como muestra de investigación a tres asociaciones “San Juan Bosco, San Fernando y San Cristóbal”, el estudio estuvo enfocado en realizar, estudios geofísicos en sondeo eléctrico vertical y geotécnico; indica que estos suelos están constituidos de arenas finas en estado seco, y de la exploración por calicatas se clasifican como arenas limosas con presencia de sales, concluyendo que la capacidad portante es de  $0.92 \text{ kg/cm}^2$  para viviendas y de  $1.63 \text{ kg/cm}^2$  para estructuras aporricadas y su asentamiento es menor de un una pulgada.

## **5.2 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE**

Los valores de la capacidad admisible de los suelos del área de estudio, se determinan en base al marco teórico, con la información de campo y laboratorio. La carga última de una cimentación superficial se puede obtener por una serie de autores. La presente tesis analiza los esfuerzos verticales por acción de cargas externas y peso propio. Luego desarrolla la capacidad portante por el método de Terzaghi.

### **5.2.1 Esfuerzos verticales**

La presión que ejerce una cimentación superficial sobre el suelo viene a ser una presión vertical o esfuerzo vertical, por ello se analiza los esfuerzos con cargas puntuales, rectangulares y de peso propio, el análisis es para la calicata C-1 que alcanza una profundidad de 2.5m.

### 1° Para una Carga Puntual P

Si  $P = 320$  Tn (carga puntual asumido para idealizar la acción de una columna)

Condición: Para  $x = 0$ ,  $y = 0$ ,  $r = 0$

$z =$  Variable  $c/0.5$  m

Reemplazando en la fórmula, se obtiene valores de  $\sigma_z$ :

$z$ (m)	$\sigma_z$ (Tn/m <sup>2</sup> )
0.00	0
0.50	611.155
1.00	152.789
1.50	67.906
2.00	38.197
2.50	24.446
3.00	16.977

$$\sigma_z = \frac{3Pz^2}{2\pi(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}}$$

Del diagrama de esfuerzo vertical versus profundidad, se puede observar que el valor máximo en la curva de esfuerzo vertical versus profundidad se da a una profundidad de 0.5 m en el eje, con respecto al nivel del terreno.

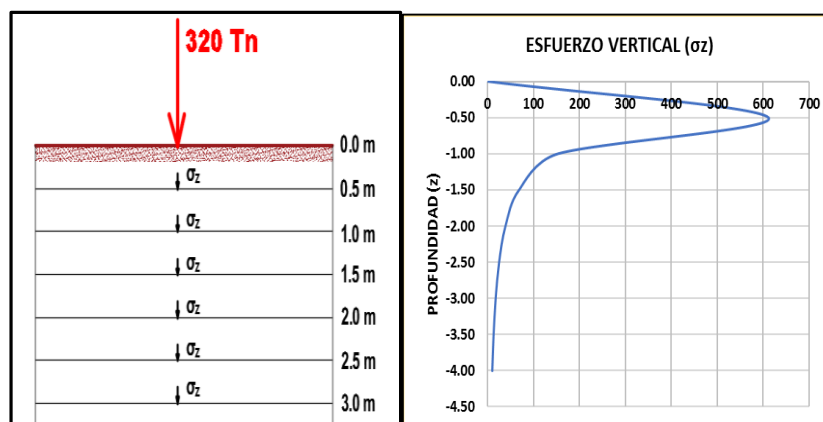


Figura 52. Variación del Esfuerzo Vertical Vs profundidad

Fuente: Elaboración propia



## 2° Carga Rectangular Distribuida (q)

Si  $q = 5 \text{ tn/m}^2$  (asumido para representar a una carga distribuida de una cimentación cuadrada)

Condición:  $z = \text{Variable } c/0.5 \text{ m.}$

Idealizar la distribución estructural para una vivienda se asumen que las columnas se encuentra espaciadas equitativamente entre sus ejes, luego se halla el esfuerzo vertical en el centro de la columna para una zapata cuadrada de  $B=1\text{m} \times L=1\text{m.}$ :

El esfuerzo vertical para una carga rectangular está en función de

$$\sigma_z = q \times I_o$$

Dónde:  $q = \text{Carga distribuida o presión de carga rectangular}$

$I_o = \text{Factor de Influencia que depende de } m \text{ y } n$

$B = L = 1.00$  (asumido para idealizar el cálculo)

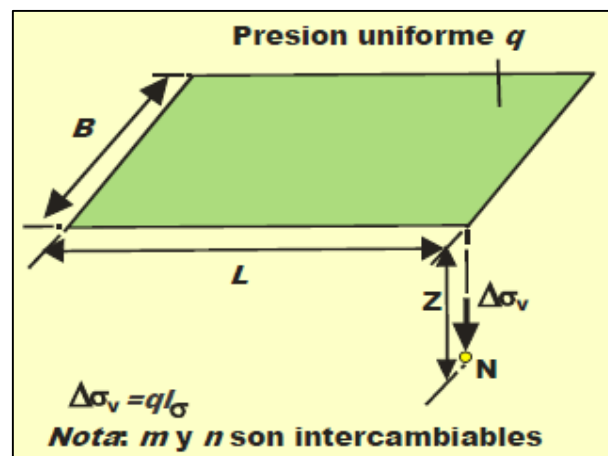


Figura 53. Esfuerzo vertical en una carga rectangular

Fuente: Apuntes de Mecánica de suelos

Los resultados obtenidos de los esfuerzos verticales a profundidades que van variando cada  $\frac{1}{2}$  metro hasta una profundidad de 4m. Se muestran en el cuadro siguiente.

Tabla 11. Esfuerzo vertical centro de la zapata vs desplazamiento vertical

<b>z (m)</b>	<b>m=n</b>	<b>I<sub>o</sub></b>	<b>q</b> (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>σ<sub>z</sub></b> (Tn/m <sup>2</sup> )	<b>σ<sub>z</sub></b> <b>x4 (Tn/m<sup>2</sup>)</b>
<b>0.00</b>	-	-	5	5	<b>5.00</b>
<b>0.50</b>	2	0.233	5	1.165	4.66
<b>1.00</b>	1	0.17	5	0.85	3.40
<b>1.50</b>	0.667	0.125	5	0.625	2.50
<b>2.00</b>	0.5	0.075	5	0.375	1.50
<b>2.50</b>	0.4	0.058	5	0.29	1.16
<b>3.00</b>	0.333	0.045	5	0.225	0.90
<b>3.50</b>	0.286	0.03	5	0.15	0.60
<b>4.00</b>	0.25	0.02	5	0.10	0.40

Fuente: Elaboración propia

### 3° Esfuerzos efectivos verticales por peso propio

Si  $q = \gamma H$

Donde:

$\gamma$  = Densidad del suelo

$H = D_f$  = altura del estrato o profundidad

Los datos obtenidos en los ensayos in situ y de laboratorio con relación a la densidad natural y parámetros de resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción), para la calicata C-1, fueron los siguientes:

$$C = 0, \quad \varphi = 31.5^\circ, \quad \gamma = 1.58 \text{ tn/m}^3$$

Los esfuerzos efectivos se calculan a 1.20 m de profundidad, sin presencia del nivel freático (NF), por no existir agua a esa profundidad.

Los valores de los esfuerzos verticales son:

Presiones totales:

$$\sigma_A = 0; \quad \sigma_B = 0 + (1.58)(1.2) = 1.896 \text{ tn/m}^2$$

Presión de poros

$$u_A = 0 \quad u_B = 0$$

Presiones efectivas

$$\sigma'_A = 0$$

$$\sigma'_B = 1.896 \frac{Tn}{m} = q = \gamma \times Df \text{ (para Terzaghi)}$$

### 5.2.2 Capacidad Admisible - Método de Terzaghi (1955)

Para determinar la capacidad portante del suelo se ha utilizado la expresión de Terzaghi:

$$\text{Cimentación corrida : } q_u = c * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma$$

$$\text{Cimentación cuadrada: } q_u = 1.3 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

Donde:

C = Cohesión

$\gamma$  = Densidad del material

Df = Profundidad de Desplante

B = Ancho de Cimentación

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de Capacidad de carga.

Capacidad admisible de los suelos, determinada para un factor de seguridad igual a 3.0, considerando la influencia del suelo rocoso cercano a la superficie y una compactación elevada ( $D_r$ ), para una falla general en condiciones drenadas.

Para el cálculo de una cimentación continua y cuadrada, se realiza tomando datos del suelo de la calicata C-1:

B = 1.0 m. para cimiento continuo y cuadrado

Df = 1.20 m. para Cimiento continuo y cuadrado

C = 0 tn/m<sup>2</sup>

$\gamma$  = 1.58 tn/m<sup>3</sup>

$\Phi$  = 31.5°

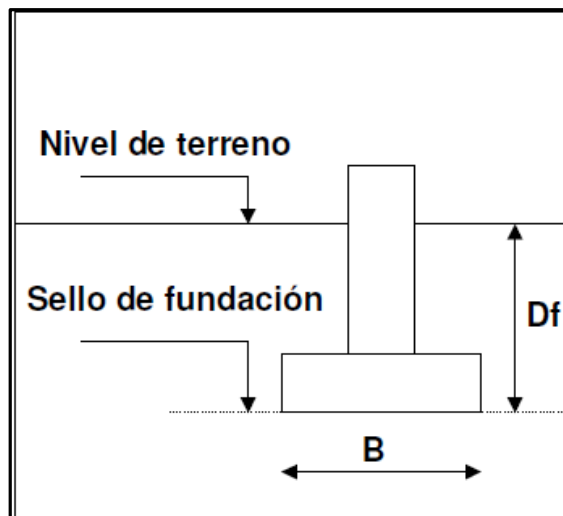


Figura 54. Representación de la cimentación superficial

Fuente: Terzaghi K.

Con el ángulo de fricción del material hallamos los factores de capacidad según Terzaghi:

$$N_c = 15$$

$$N_q = 10.2$$

$$N_y = 8.2$$

Aplicando las ecuaciones de Terzaghi se obtiene una carga última para cimientos continuos de:

$$q_{ult} = 0 \times 15 + 1.58 \times 1.2 \times 10.2 + 0.5 \times 1.0 \times 1.58 \times 8.2$$

$$q_{ult} = 25.82 \text{ tn/m}^2$$

Utilizando  $FS = 3$ , la Capacidad admisible de los suelos es:

$$q_{adm} = 0.86 \text{ kg/cm}^2. \text{ Valor para cimientos continuos}$$

Aplicando las ecuaciones de Terzaghi se obtiene una carga última para zapatas cuadradas de:

$$q_{ult} = 1.3 \cdot 0 \cdot 15 + 1.58 \cdot 1.2 \cdot 10.2 + 0.4 \cdot 1.0 \cdot 1.58 \cdot 8.2$$

$$q_{ult} = 24.5 \text{ tn/m}^2.$$

Utilizando  $FS = 3$ , la Capacidad admisible de los suelos es:

$$q_{adm} = 0.81 \text{ kg/cm}^2. \text{ Valor para cimientos cuadrados}$$

Los resultados a distintas profundidades y para distintos anchos de cimentación cuadrada se encuentran indicados en el capítulo de resultados.

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 6.1 ESCENARIO DE APLICACIÓN

En los años 80 los terrenos no estaban ocupados y era empleado como botadero de residuos domiciliarios en la quebrada denominada “quebrada del diablo”. Las personas dedicadas a la actividad del reciclaje, fueron los primeros poseedores de estos terrenos en la planicie del Sector Siete.

En el año 1999 se reubica el relleno sanitario al Sector Ocho del distrito de Ciudad Nueva, incrementando la invasión y posesión de terrenos con fines de reciclaje, crianza de animales, y talleres.

Según el PDU 2015-2025 de la Municipalidad Provincial Tacna, se tiene un análisis de forma integral del uso de los suelos para las distintas actividades, siendo el uso Residencia la que presenta mayor uso en toda la zona urbana de Tacna, en un 28.51%, este análisis del uso de los suelos se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 12. Uso de suelo en el conglomerado urbano de Tacna

Uso de Suelo	Área (ha)	Porcentaje
Residencial (R)	1 340,19	28,51%
Comercial (C)	143,22	3,05%
Servicios Públicos Complementarios	158,67	3,38%
Usos Especiales (OU)	375,24	7,98%
Zona de Recreación Pública (ZRP)	206,24	4,39%
Suelo Vacante	720,35	15,33%
Zona Agrícola (ZA)	382,83	8,14%
Industrial (I)	49,79	1,06%
Pre Urbano (PU)	0,23	0,00%
Áreas Verdes Adicionales	1,34	0,03%
<b>Total de Usos</b>	<b>3 378,10</b>	<b>100,00%</b>
<b>Total Vías y Otros</b>	<b>1 322,40</b>	<b>28,13%</b>
<b>Total Conglomerado Urbano</b>	<b>4 700,50</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: PDU 2015-2015

Los valores se grafican en el mapa. Se aprecia la zona de estudio de expansión en el PDU vigente pero para usos de Vivienda taller y actividades pecuarias.

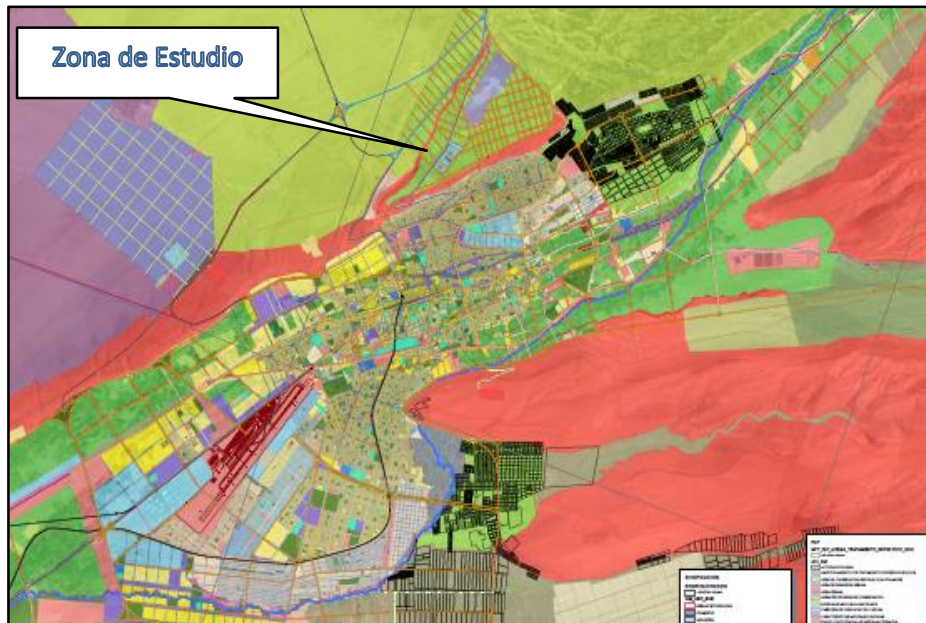


Figura 55. Mapa de uso de suelo en el conglomerado urbano de Tacna

Fuente: PDU 2015-2025 MPT.

Existe un crecimiento en las construcciones de viviendas con material noble con el uso de cimentaciones superficiales. Dichos suelos actualmente están zonificados como actividades pecuarias y solo una asociación esta zonificada el uso de su suelo como Vivienda Taller. Las construcciones de las edificaciones están siendo cimentadas sin los estudios de suelos correspondientes y sin las licencias de edificación. Se observan viviendas de 2 a 3 niveles, las cuales se encuentran mayormente colindantes con la carretera Tacna – Tarata (Km 6). Existe demanda por la utilización de los suelos para edificaciones con cimentaciones superficiales para fines de vivienda y comercio.



Figura 56. Edificaciones con más de un nivel. Asoc. Pecuarias

Fuente: Elaboración propia



Figura 57. Vivienda de tres pisos, altura del Km 6. Asoc. Taller Vivienda

Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 FUNCIONALIDAD DE LA PROPUESTA

La capacidad admisible de los suelos, consideró un factor de seguridad de 3. Con el suelo rocoso y elevada compacidad, se consideró falla general. Para un ancho



(B) de la cimentación corrida y profundidad de desplante (Df), se consideró dimensiones para zapatas cuadradas de B= 0.80; 1.00; 1.20; 1.40 y 1.60 m.

Para diferentes profundidades de desplante de una zapatas aisladas (cuadrada) se comparó los resultados de las diferentes calicatas y se obtuvo valores característicos de la capacidad portante del suelo. Se analizó la profundidad de desplante, según el perfil estratigráfico, entre 0.8m a 2.50m.

La tabla siguiente muestra los valores o características geotécnicas utilizados para determinar la capacidad admisible de cimentación cuadrada, por el método de Terzaghi.

Tabla 13. Ubicación de las calicatas con sus propiedades físicas

Calicata	Ubicacion	Corte Directo		SUCS	Densidad de campo		Prof. calicata (m)
		0(°)	C (k/cm2)		y (k/cm3)	Hum (%)	
C-1	Asociacion criadores de animales menores Alto Tacna	31.5	0.0	SM	1.58	1.30	2.50
C-2	Asociacion criadores de porcinos Virgen de Chapi	30.3	0.0	SM	1.79	2.10	0.80
C-3	Asociacion criadores de animales menores Las Pascuas	26.5	0.0	SM	1.61	2.46	1.10
C-4	Asociacion de granjas Nueva Tarata	28.5	0.0	SM	1.71	1.53	2.00
C-5	Asociacion Artesanal Taller Vivienda Heroes del Alto de la Alianza	29.3	0.0	SM	1.55	1.68	1.20
C-6	Asociacion Hermandad de la santisima cruz del cerro intiorko	29.5	0.0	SM	1.60	2.00	2.20
C-7	Asociacion criadores de aves Alto Santa Cruz Cerro intiorko	28.5	0.0	SM	1.87	1.21	0.90
C-8	Asociacion criadores de animales menores Las Vegas	25.2	0.0	SM	1.70	1.40	0.80

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos anteriores se hallan los resultados de capacidad portante que se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 14. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-1

Df (m)	B (m)	Q(ult) Tn/m <sup>2</sup>	Q(adm) Kg./cm <sup>2</sup>	Df (m)	B (m)	Q(ult) Tn/m <sup>2</sup>	Q(adm) Kg./cm <sup>2</sup>
0.60	0.80	13.78	0.46	1.50	0.80	28.23	0.94
0.60	1.00	14.81	0.49	1.50	1.00	29.27	0.98
0.60	1.20	15.84	0.53	1.50	1.20	30.30	1.01
0.60	1.40	16.88	0.56	1.50	1.40	31.34	1.04
0.60	1.60	17.91	0.60	1.50	1.60	32.37	1.08
0.80	0.80	16.99	0.57	2.00	0.80	36.26	1.21
0.80	1.00	18.02	0.60	2.00	1.00	37.30	1.24
0.80	1.20	19.06	0.64	2.00	1.20	38.33	1.28
0.80	1.40	20.09	0.67	2.00	1.40	39.37	1.31
0.80	1.60	21.13	0.70	2.00	1.60	40.40	1.35
1.00	0.80	20.20	0.67	2.50	0.80	44.29	1.48
1.00	1.00	21.23	0.71	2.50	1.00	45.33	1.51
1.00	1.20	22.27	0.74	2.50	1.20	46.36	1.55
1.00	1.40	23.30	0.78	2.50	1.40	47.40	1.58
1.00	1.60	24.34	0.81	2.50	1.60	48.43	1.61
1.20	0.80	23.41	0.78	3.00	0.80	52.33	1.74
1.20	1.00	24.45	0.81	3.00	1.00	53.36	1.78
1.20	1.20	25.48	0.85	3.00	1.20	54.40	1.81
1.20	1.40	26.52	0.88	3.00	1.40	55.43	1.85
1.20	1.60	27.55	0.92	3.00	1.60	56.46	1.88

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-2

Df (m)	B (m)	Q(ult) Tn/m <sup>2</sup>	Q(adm) Kg./cm <sup>2</sup>
0.60	0.80	14.06	0.47
0.60	1.00	15.09	0.50
0.60	1.20	16.12	0.54
0.60	1.40	17.15	0.57
0.60	1.60	18.18	0.61
0.80	0.80	17.37	0.58
0.80	1.00	18.40	0.61
0.80	1.20	19.43	0.65
0.80	1.40	20.46	0.68
0.80	1.60	21.49	0.72
1.00	0.80	20.68	0.69
1.00	1.00	21.71	0.72
1.00	1.20	22.74	0.76
1.00	1.40	23.77	0.79
1.00	1.60	24.80	0.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-3

Df ( m )	B ( m )	Q(ult) Tn/m2	Q(adm) Kg./cm2
0.60	0.80	9.01	0.30
0.60	1.00	9.62	0.32
0.60	1.20	10.22	0.34
0.60	1.40	10.83	0.36
0.60	1.60	11.43	0.38
0.80	0.80	11.21	0.37
0.80	1.00	11.81	0.39
0.80	1.20	12.42	0.41
0.80	1.40	13.02	0.43
0.80	1.60	13.63	0.45
1.00	0.80	13.40	0.45
1.00	1.00	14.01	0.47
1.00	1.20	14.61	0.49
1.00	1.40	15.22	0.51
1.00	1.60	15.82	0.53
1.20	0.80	15.60	0.52
1.20	1.00	16.20	0.54
1.20	1.20	16.81	0.56
1.20	1.40	17.41	0.58
1.20	1.60	18.02	0.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-4

Df ( m )	B ( m )	Q(ult) Tn/m2	Q(adm) Kg./cm2	Df ( m )	B ( m )	Q(ult) Tn/m2	Q(adm) Kg./cm2
0.60	0.80	11.40	0.38	1.50	0.80	23.68	0.79
0.60	1.00	12.20	0.41	1.50	1.00	24.49	0.82
0.60	1.20	13.01	0.43	1.50	1.20	25.29	0.84
0.60	1.40	13.81	0.46	1.50	1.40	26.09	0.87
0.60	1.60	14.61	0.49	1.50	1.60	26.90	0.90
0.80	0.80	14.13	0.47	2.00	0.80	30.51	1.02
0.80	1.00	14.93	0.50	2.00	1.00	31.31	1.04
0.80	1.20	15.74	0.52	2.00	1.20	32.11	1.07
0.80	1.40	16.54	0.55	2.00	1.40	32.92	1.10
0.80	1.60	17.34	0.58	2.00	1.60	33.72	1.12
1.00	0.80	16.86	0.56	2.50	0.80	37.33	1.24
1.00	1.00	17.66	0.59	2.50	1.00	38.14	1.27
1.00	1.20	18.47	0.62	2.50	1.20	38.94	1.30
1.00	1.40	19.27	0.64	2.50	1.40	39.74	1.32
1.00	1.60	20.07	0.67	2.50	1.60	40.55	1.35
1.20	0.80	19.59	0.65				
1.20	1.00	20.39	0.68				
1.20	1.20	21.20	0.71				
1.20	1.40	22.00	0.73				
1.20	1.60	22.80	0.76				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-5

Df ( m )	B ( m )	Q(ult) Tn/m2	Q(adm) Kg./cm2
0.60	0.80	11.04	0.37
0.60	1.00	11.83	0.39
0.60	1.20	12.62	0.42
0.60	1.40	13.41	0.45
0.60	1.60	14.21	0.47
0.80	0.80	13.67	0.46
0.80	1.00	14.46	0.48
0.80	1.20	15.25	0.51
0.80	1.40	16.04	0.53
0.80	1.60	16.83	0.56
1.00	0.80	16.30	0.54
1.00	1.00	17.09	0.57
1.00	1.20	17.88	0.60
1.00	1.40	18.67	0.62
1.00	1.60	19.46	0.65
1.20	0.80	18.92	0.63
1.20	1.00	19.71	0.66
1.20	1.20	20.51	0.68
1.20	1.40	21.30	0.71
1.20	1.60	22.09	0.74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-6

Df ( m )	B ( m )	Q(ult) Tn/m2	Q(adm) Kg./cm2	Df ( m )	B ( m )	Q(ult) Tn/m2	Q(adm) Kg./cm2
0.60	0.80	11.66	0.39	1.50	0.80	24.10	0.80
0.60	1.00	12.49	0.42	1.50	1.00	24.94	0.83
0.60	1.20	13.33	0.44	1.50	1.20	25.78	0.86
0.60	1.40	14.17	0.47	1.50	1.40	26.62	0.89
0.60	1.60	15.01	0.50	1.50	1.60	27.46	0.92
0.80	0.80	14.42	0.48	2.00	0.80	31.02	1.03
0.80	1.00	15.26	0.51	2.00	1.00	31.86	1.06
0.80	1.20	16.10	0.54	2.00	1.20	32.70	1.09
0.80	1.40	16.94	0.56	2.00	1.40	33.54	1.12
0.80	1.60	17.78	0.59	2.00	1.60	34.38	1.15
1.00	0.80	17.19	0.57	2.50	0.80	37.94	1.26
1.00	1.00	18.03	0.60	2.50	1.00	38.78	1.29
1.00	1.20	18.87	0.63	2.50	1.20	39.62	1.32
1.00	1.40	19.71	0.66	2.50	1.40	40.45	1.35
1.00	1.60	20.54	0.68	2.50	1.60	41.29	1.38
1.20	0.80	19.96	0.67				
1.20	1.00	20.79	0.69				
1.20	1.20	21.63	0.72				
1.20	1.40	22.47	0.75				
1.20	1.60	23.31	0.78				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-7

Df ( m )	B ( m )	Q(ult)	Q(adm)
		Tn/m2	Kg./cm2
0.60	0.80	12.47	0.42
0.60	1.00	13.35	0.44
0.60	1.20	14.22	0.47
0.60	1.40	15.10	0.50
0.60	1.60	15.98	0.53
0.80	0.80	15.45	0.52
0.80	1.00	16.33	0.54
0.80	1.20	17.21	0.57
0.80	1.40	18.09	0.60
0.80	1.60	18.96	0.63
1.00	0.80	18.44	0.61
1.00	1.00	19.32	0.64
1.00	1.20	20.19	0.67
1.00	1.40	21.07	0.70
1.00	1.60	21.95	0.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Valores de Capacidad admisible para la Calicata C-8

Df ( m )	B ( m )	Q(ult)	Q(adm)
		Tn/m2	Kg./cm2
0.60	0.80	8.50	0.28
0.60	1.00	9.06	0.30
0.60	1.20	9.61	0.32
0.60	1.40	10.16	0.34
0.60	1.60	10.72	0.36
0.80	0.80	10.60	0.35
0.80	1.00	11.15	0.37
0.80	1.20	11.71	0.39
0.80	1.40	12.26	0.41
0.80	1.60	12.81	0.43
1.00	0.80	12.69	0.42
1.00	1.00	13.25	0.44
1.00	1.20	13.80	0.46
1.00	1.40	14.36	0.48
1.00	1.60	14.91	0.50

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 ZONIFICACIÓN MODIFICADA

Los cambios se refieren al uso del suelo tomando en consideración la aplicación de los valores de la capacidad portante del suelo encontrados en la presente tesis. De acuerdo al crecimiento de la ciudad los suelos de esta zona que actualmente está zonificado para actividades pecuarias y actividades de industria (I-1 vivienda Taller) deberán modificar la zonificación por el uso Residencial R3.

Las actuales Autoridades como el Gobernador regional de Tacna, Sr. Omar Jiménez, ha indicado en medios periodísticos que se garantizará el cambio de zonificación especialmente el Sector Ocho que corresponde al Distrito de Ciudad Nueva, que estuvo considerado como zona ecológica a zona de actividad pecuaria.



Figura 58. Declaración del Gobernador Regional de Tacna

Fuente: Nota periodística de Diario Correo 30 Mayo 2015

También el alcalde provincial, ha declarado en medios periodísticos que el Sector Siete de alto de la alianza y Sector Ocho de ciudad nueva serán cambiados o modificados su zonificación a urbanización (residencial), esto debido a que en la

zona existen muchas familias que vienen habitando por más de 20 años y que esto se ha convertido en un tema social.



Figura 59. Declaración del Alcalde Provincial de Tacna

Fuente: Nota Periodística del Diario Correo 03 Mayo 2015

Por otro lado el Instituto Geofísico del Perú (IGP), manifestó la realización de estudios para focalizar las zonas más vulnerables de los suelos en los distritos de Alto de la Alianza y de Ciudad Nueva.

Según la presente investigación se ha podido conocer que IGP ha realizado una calicata en el Sector Siete en el mes de Julio del año 2017. Se realizó en la Asociación Artesanal Taller Vivienda héroes del Alto de la Alianza, sin embargo a la fecha agosto 2017 no se conocen los resultados de dicho estudio.



Figura 60. Declaración del alcalde Distrital de Ciudad Nueva

Fuente: Nota Periodística del Diario Correo 24 Junio 2017

Como se puede observar el crecimiento de la ciudad de Tacna demanda que las instituciones analicen el tema del estudio de suelos con fines de cimentación para viviendas. La población crece y se requiere fortalecer el tema social de posesión y posterior construcción en predios ocupados. Estos estudios se orientan al cambio de zonificación del uso de los suelos.

#### 6.4 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Atendiendo a la hipótesis general de construir mapas de isovalores con capacidades de carga de los suelos del Sector 7, para que las autoridades cuenten con una herramienta de orientación al crecimiento urbano ordenado y así mitigar los daños por sismos, se propone generar mapas de isovalores de capacidad admisible del Sector Siete del distrito Alto Alianza o Alto Tacna, entre los km 6+000 al km 7+000 de la carretera Tacna Tarata.



Los mapas de isovalores de la capacidad portante, corresponde a profundidad de desplante de 0.8 y 1.20 m, para guardar consistencia con las viviendas de dos a tres pisos que tienen estos desplantes en sus cimientos. INDECI también calcula valores de capacidad admisible de los suelos a esta profundidad.

Los resultados de capacidad admisible están referidos a profundidades entre 0.80m a 2.5m, sin analizar los afloramientos rocosos, dado que las rocas tienen parámetros de resistencia distintos y elevados.

Para las exploraciones C-1; C-4 y C-6 se analizó profundidades mayores a 1.20m y para las C-2; C-3; C-5; C7 y C8 profundidades menores de 1.20m. Se ha considerado que toda el área presenta adecuada capacidad portante para la demanda de cargas de las edificaciones. Para profundidades de 0.80m y 1.20m se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 22. Valores de  $q_{adm}$  para  $D_f = 0.80m$  y  $1.20 m$ .

Calicata	Ubicación	Prof. calicata (m)	$q_{adm}$	
			Df (m)	
			0.80	1.20
C-1	Asociación criadores de animales menores Alto Tacna	2.50	0.6	0.81
C-2	Asociación criadores de porcinos Virgen de Chapi	0.80	0.61	
C-3	Asociación criadores de animales menores Las Pascuas	1.10	0.39	0.54
C-4	Asociación de granjas Nueva Tarata	2.00	0.5	0.68
C-5	Asociación Artesanal Taller Vivienda Héroes del Alto de la Alianza	1.20	0.48	
C-6	Asociación Hermandad de la Santísima Cruz del cerro intiorko	2.20	0.51	0.69
C-7	Asociación criadores de aves Alto Santa Cruz Cerro intiorko	0.90	0.54	
C.8	Asociación criadores de animales menores Las Vegas	0.80	0.37	

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de la tabla anterior se muestra el mapa de isovalores de capacidad admisible para una profundidad de desplante a 1.20m. Se observa zona de afloramiento rocoso y zona de suelo de capacidad entre 0.54 a 0.81 kg/cm<sup>2</sup>.

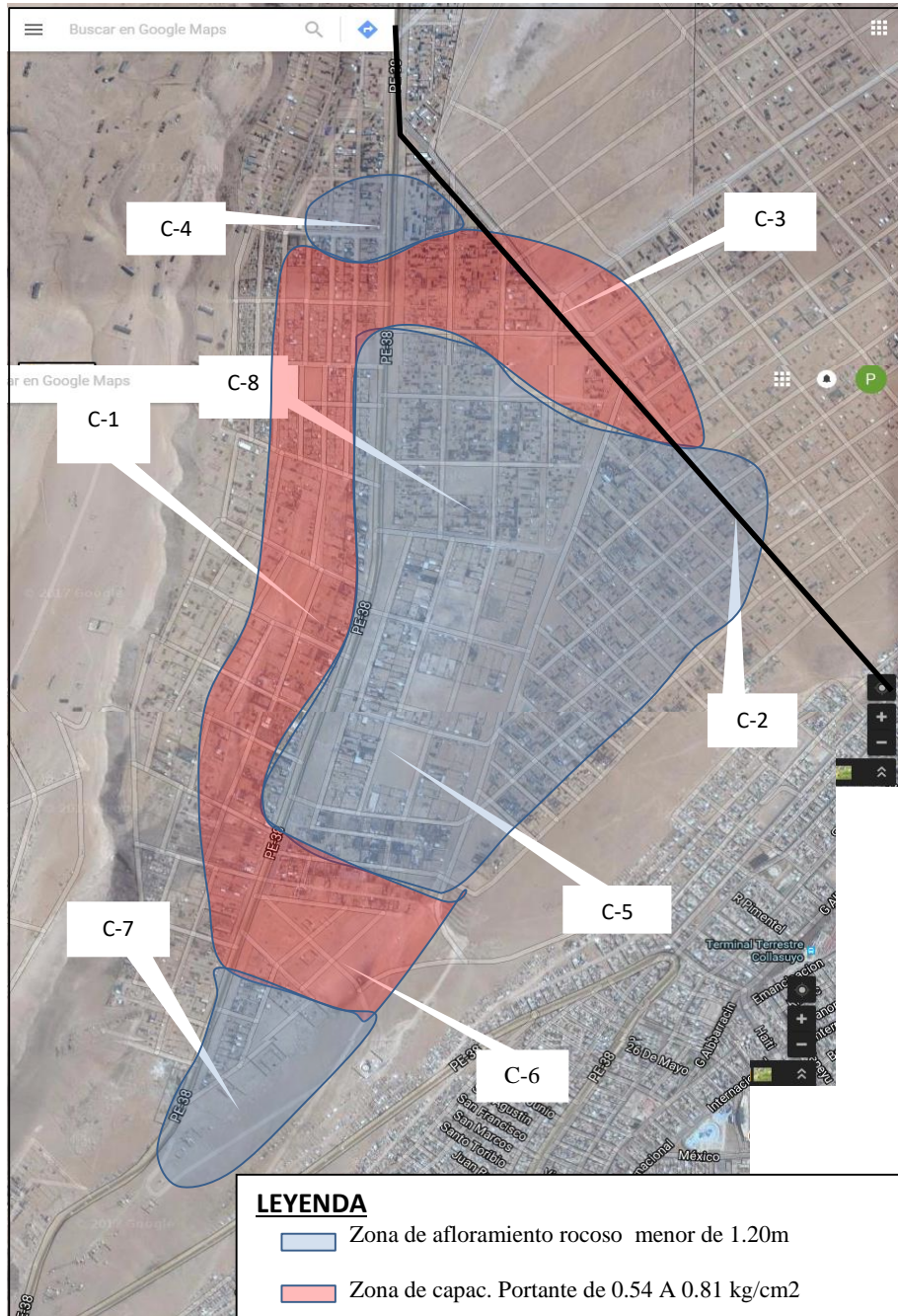


Figura 61. Representación gráfica de los valores de  $q_{adm}$ .  $D_f=1.20m$ .

Fuente: Elaboración Propia

La tabla de resultados muestra el mapa de isovalores de capacidad admisible para una profundidad de desplante a 0.8m, con valores de capacidad entre 0.37 a 0.61 kg/cm<sup>2</sup>.

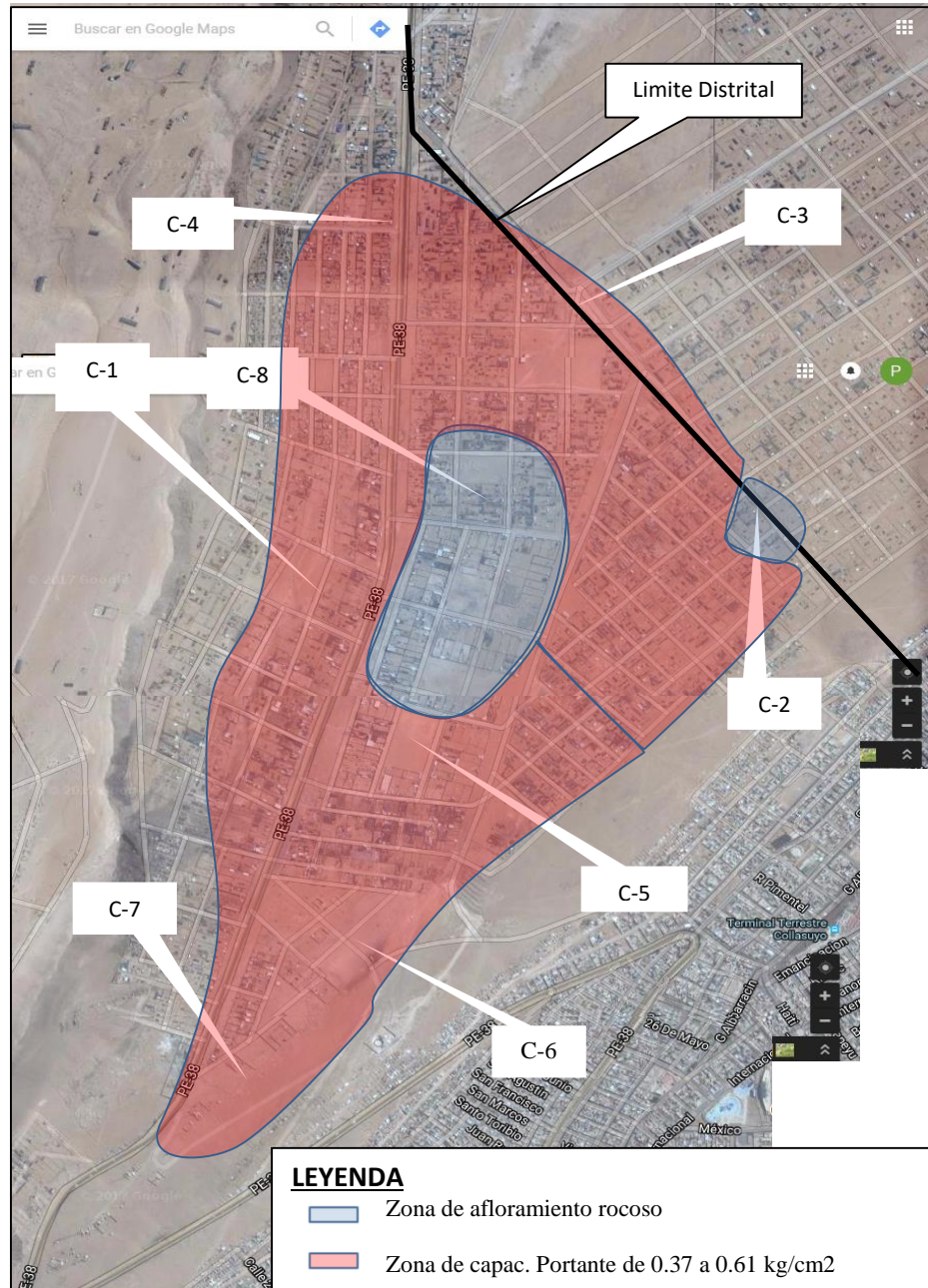


Figura 62. Representación gráfica de los valores de  $q_{adm}$ ,  $D_f=0.8m$

Fuente: Elaboración Propia

Los perfiles de como estaría conformado la zona de estudio, se muestran en la siguiente figura con relación a la calicata C-1, C-8 y C-2.

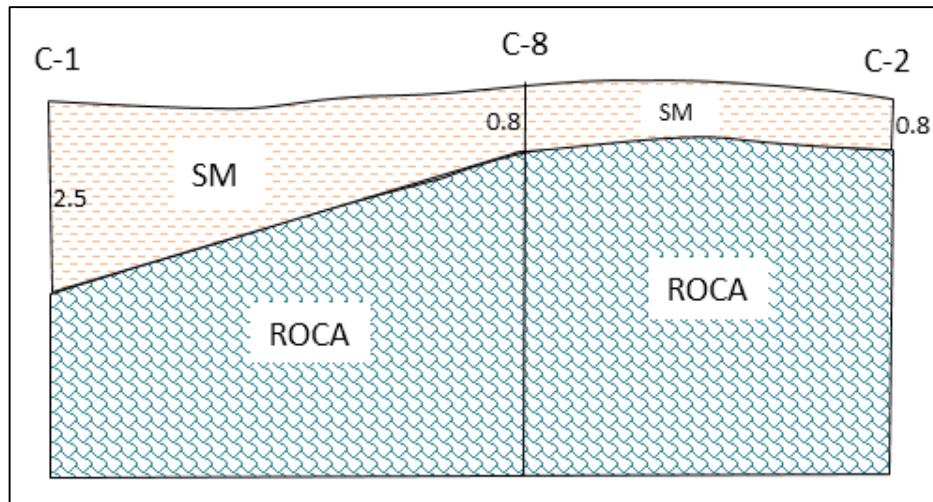


Figura 63. Representación gráfica de los suelos según tipo de suelo

Fuente: Elaboración Propia

Con los gráficos anteriores y con la ayuda del google earth podemos obtener perfiles de la zona de estudio.

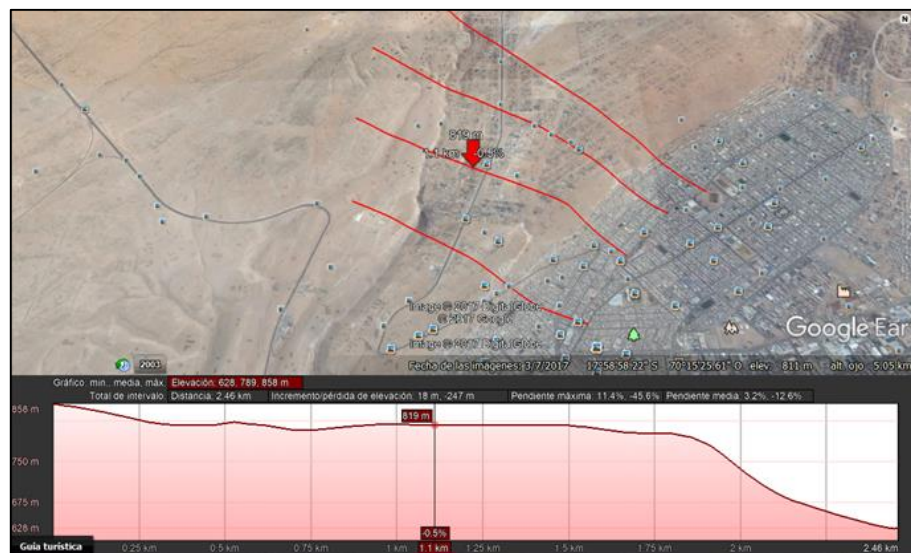


Figura 64. Perfil del suelo a la altura de la Calicata C.1 y C-5

Fuente: Google earth

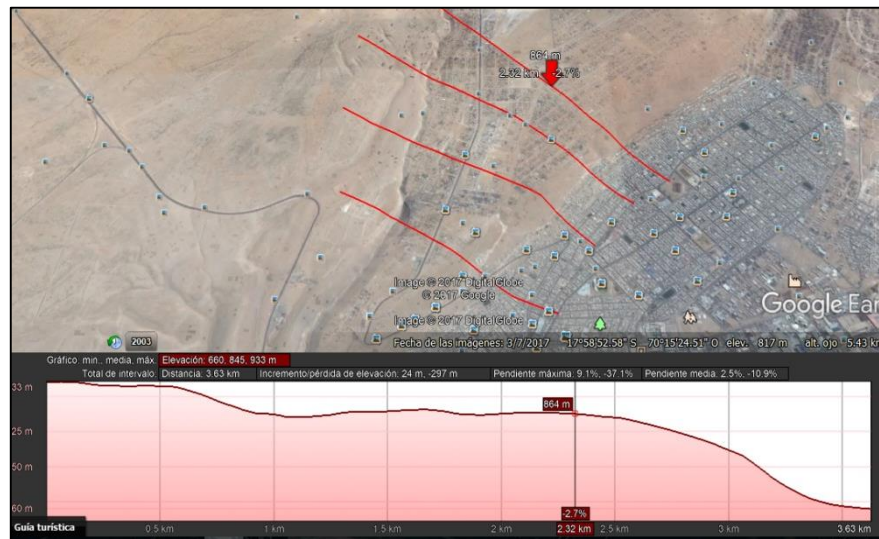


Figura 65. Perfil del suelo a la altura de la Calicata C-2, C-3 y C-4

Fuente: google earth

Se observa que la superficie de investigación es relativamente plana con una pendiente transversal al eje de la carretera de 1 a 3%. La pendiente longitudinal al eje de la carretera de 4.5% aproximada. Sin embargo los resultados de los isovalores de capacidad portante obtenidos indican que habría dos zonas bien definidas con relación al estrato del suelo limo arenoso.

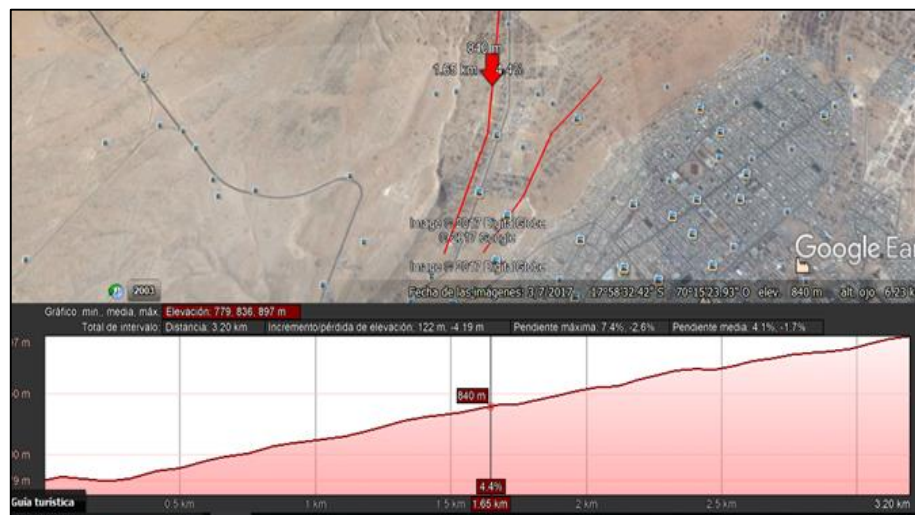


Figura 66. Perfil del suelo a la altura de la Calicata C-7, C-5, C-1 y C-4

Fuente: google earth

Los resultados de isovalores de la capacidad de carga admisible de los suelos en la zona de investigación, se observa que presentan una capacidad portante baja, que son propios de suelos de arena limosa de procedencia volcánica. De los perfiles se desprende que los suelos que se encuentran al lado izquierdo de la vía son la que tienen mayor profundidad de estrato que las que están al lado derecho, por lo que se plantea el uso de cimentaciones aisladas en el lado derecho de la vía y cimentaciones conectadas mediante vigas y/o plateas de cimentación en el lado izquierdo de la vía Tacna - Tarata.

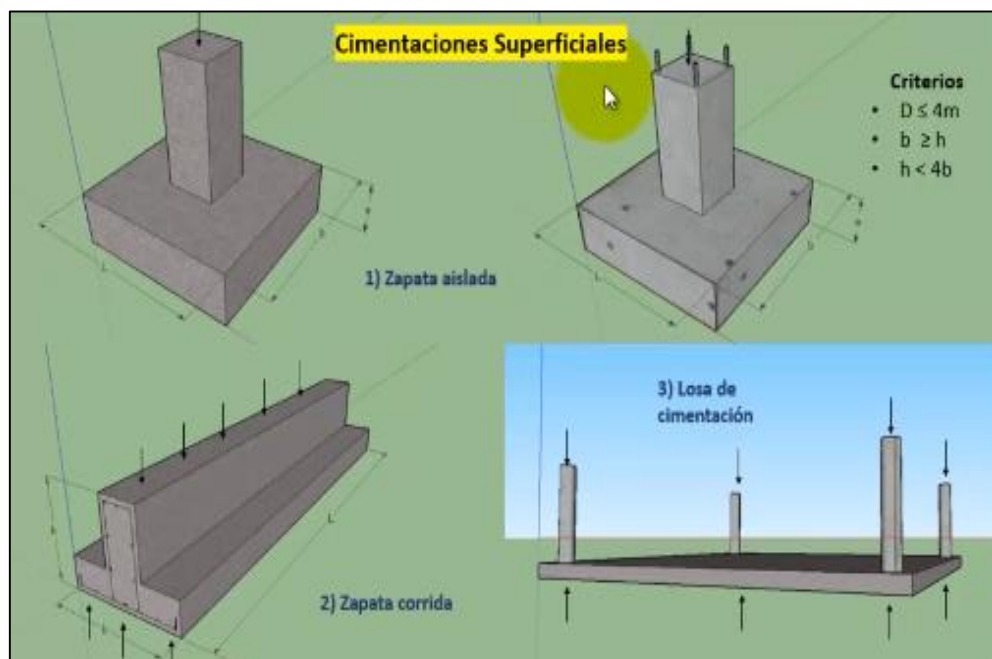


Figura 67. Tipos de cimentaciones superficiales

Fuente: [www.youtube.com/watch?v=\\_tM3USR5dag](http://www.youtube.com/watch?v=_tM3USR5dag)

En el plano siguiente se plantea la zona de aplicación de las cimentaciones superficiales según los resultados de los isovalores de la capacidad de carga.

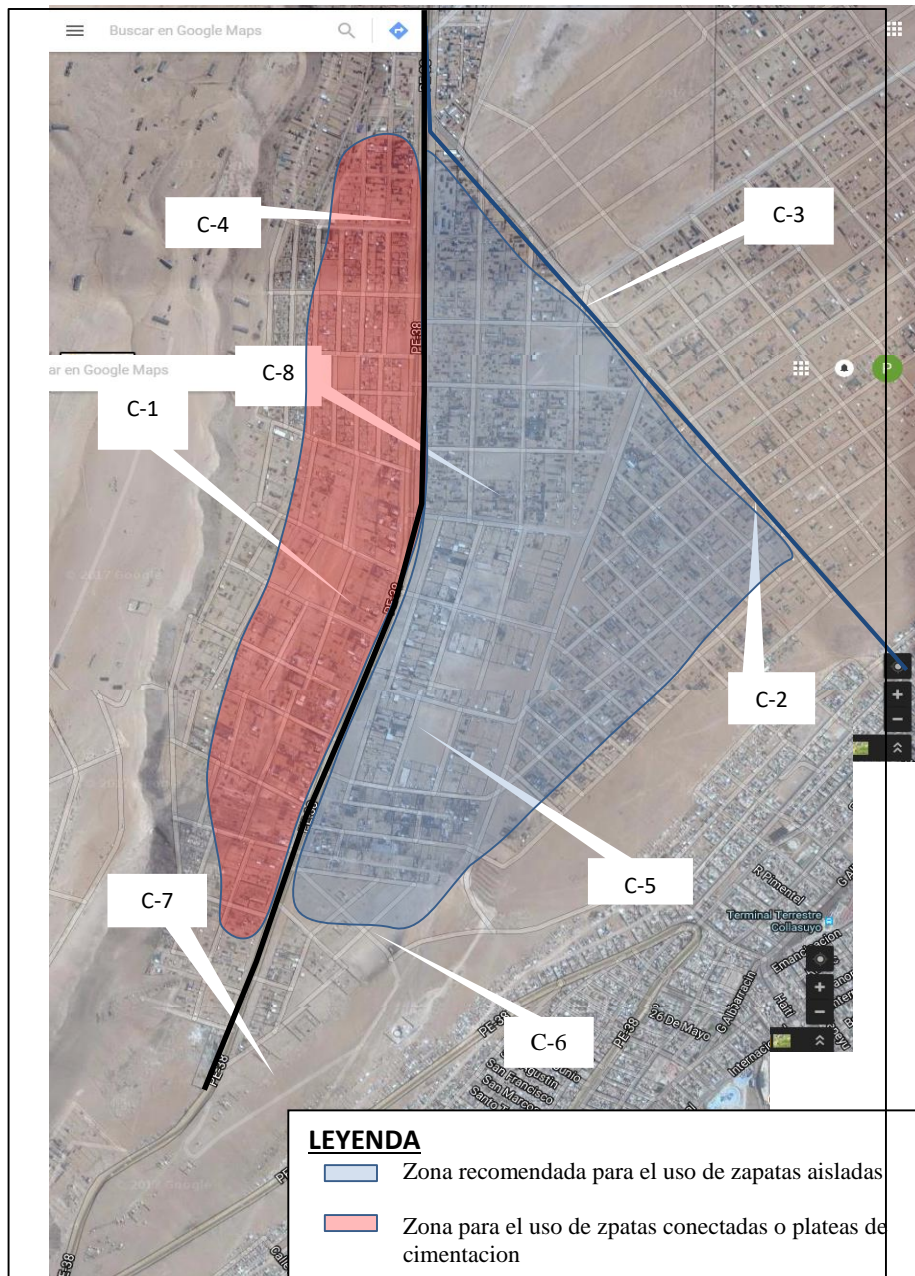


Figura 68. Zonificación gráfica de uso de cimentaciones superficiales.  
 Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

Las propiedades físicas del suelo y de resistencia caracterizan al suelo de la zona de estudio, a una profundidad de desplante de 0.8 y 1.20 m como un suelo arena limosa (SM) no plástica, con una densidad in situ es de 1.55 gr/cc a 1.87, con una coloración de rosado a claro, cohesión cero y ángulo de fricción del suelo que varia de 25.2° a 31.5°, confirmando un material propio de cenizas volcánicas. Por debajo de esta capa existe un afloramiento rocoso de la formación huaylillas con una profundidad indefinida.

Los resultados de la capacidad de carga admisible para una profundidad de desplante de 1.20 m y para un ancho de cimentación cuadrada de 1.0 m son los siguientes: de 0.81 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-1; 0.54 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-3, 0.56 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-4 y 0.69 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-6, en otras calicatas se presenta afloramientos rocosos. Los valores nos indican capacidades de carga admisible similares a los resultados del estudio de INDECI para cimentaciones superficiales.

Se han elaborado mapas de isovalores de la capacidad de carga en el Sector Siete del distrito de Alto de la Alianza, determinando la Capacidad Admisible del suelo para una profundidad de 0.80m es de 0.37 kg/cm<sup>2</sup> a 0.61 kg/cm<sup>2</sup> y para una profundidad de 1.20 m es de 0.54 kg/cm<sup>2</sup> a 0.81 kg/cm<sup>2</sup>. Con un fondo rocoso variable en su profundidad.

Con los mapas de isovalores se fortalece el actuar de las autoridades al tomar decisiones frente al crecimiento urbano indiscriminado y a mitigar



los daños por sismos, definiendo áreas para el uso de cimentaciones aisladas y zonas con cimentaciones conectadas y/o plateas de cimentación, con relación a los suelos del área de investigación que está definida como arenas limosas.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la Municipalidad Distrital del Alto de la Alianza, tomar en consideración los resultados de las propiedades físicas, los valores de resistencia de los suelos y de los valores de la capacidad portante de los suelos de esta tesis para ser considerados en la planificación de la expansión urbana del distrito.

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna, realizar ensayos de exploración indirecta o no destructivos mediante métodos de exploración geofísica sísmológica (reflexión sísmica y refracción sísmica). A fin de determinar las características físicas y dinámicas del suelo a mayores profundidades, para ampliar el sustento técnico de la zonificación de las expansiones urbanas con fines de vivienda.

Los poseionarios de terrenos de la zona de estudio y a la Municipalidad Distrital de Alto de la Alianza, considerar los estudios y los isovalores de la capacidad de carga a fin de tomar la mejor decisión en la elección de las cimentaciones superficiales, ya sean estas aisladas o continuas.

Se recomienda a los poseionarios de terrenos de la zona de estudio el uso de cementos resistentes al ataque de sulfatos (sales) en el proceso constructivo de la subestructura (cimentación), siguiendo los lineamientos del estudio de mecánica de suelos para su construcción.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, Morales, Chunga, Evelin & Del Castillo (1998). *Acelerogramas y espectros inferidos del terremoto 1998 (Mw 7,2)*. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/311607980>
- Alva, J. (2012). *Diseño de Cimentaciones*, Lima Perú
- Atala, César (2011) *Estudio experimental sobre correlaciones en suelos granulares finos (arenas) compactados, usando equipos de penetración*. Tesis de Post Grado (maestro en ciencias) UNI-Peru.
- Aya, J (2015) *Estudio de suelos con fines de cimentación en el cerro Intiorko – distrito Alto de la Alianza – región Tacna*. Ponencia en XIX Congreso nacional de Ingeniería Civil – Huaraz. Perú.
- Bowles, Joseph E. (1988). *Foundation analysis and design*, Estados Unidos: 4ª Edición Editorial McGraw Hill.
- Bonett D., Ricardo L., (2003), *Tesis Doctoral “Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*, Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Barcelona, España.
- Calumani Aguilar, (2009) *Estudio de Suelos para Cimentaciones en edificaciones de la expansión urbana del distrito de Ciudad Nueva – Tacna*. Tesis pre grado UPT.
- Chipana, L. (2014) *Geología urbana y procesos de zonificación territorial en la ciudad de tacna*. Tesis pre gardo UNA
- Chura, Edgar (2012) *Estudio de Riesgo Sismico en el Distrito de Ciudad Nueva – Tacna*. Ciencia y desarrollo.
- Crespo Villalaz, C. (2005) *Mecánica de suelos y cimentaciones, 5ª Edición; México: Editorial LIMUSA*.
- Das, Braja. (2001) *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4ª Edición; México: Internacional Thomson Editores,
- Delgado Vargas M. (2000) *Ingeniería de Cimentaciones, Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico*.

- Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez. (2003) *Mecánica de suelos, tomo II*. 2ª Edición; México: Editorial LIMUSA,
- Fletcher, Gordon A. (2002) *Estudios de Suelos y Cimentaciones en la Industria de la Construcción*
- Huanacuni Quispe, Diana. (2015) *Caracterización Dinámica de los suelos en la ciudad de Tacna*. Tesis de pregrado de la UPT
- INDECI, (2007). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Tacna*, Tacna.
- INDECI, (2007) *Proyecto PNUD PER de Ciudades sostenibles en la ciudad de Tacna*. -Tacna
- Josep Suriol Castellví; Alejandro Josa García. (1998) *Mecánica De Suelos. Problemas Resueltos*, Ediciones Upc.
- Lee, Ian K. y otros. (1983) *Geotechnical engineering*. 1ª Edición; Estados Unidos: Editorial Pitman.
- Municipalidad Provincial de Tacna, (2015) *Plan d Desarrollo urbano de la Ciudad de Tacna 2015-2025*, Tacna.
- Lambert, W. y Whitman, R. (1991) *Mecánica de suelos*. 1ª Edición; México: Editorial LIMUSA – WILEY
- Reglamento Nacional de Edificaciones NTE 050. (2006) *Suelos y Cimentaciones*, Lima Peru
- Reglamento Nacional de Edificaciones NTE 030 (2006) *Diseño Sismo Resistente*, Lima Perú
- Safina M., Salvador, (2002), *Tesis Doctoral “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales análisis de su contribución al riesgo sísmico*, Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Barcelona, España.
- Silva Aranibar, Juan. (2004) *Estudio de Suelos para Cimentaciones del Cono Norte de la Ciudad de Tacna*. Tesis de pre grado UPT-Tacna
- Terzaghi, Karl. (1949), *Mecánica teórica de suelos*. 2ª Edición; Buenos Aires, Argentina: ACME agency.

- Peck, Ralph B. y otros. (1996), *Ingeniería de cimentaciones*. (2ª Edición, México: Editorial LIMUSA,)
- Vasquez Quispe, Ada. (2012) *Estudio de Suelos para Cimentaciones en edificaciones de la expansión urbana del distrito de G. Albarracín L – Tacna*. Tesis pre grado UPT.
- Vera, luis (1990) *Microzonificación sísmica de la ciudad de Tacna*, Investigación UNESCO.
- Whitlow, Roy. (2000), *Fundamentos de mecánica de suelos*. (2ª Edición; México: Editorial CECSA.
- Zegarra, J. (2000) *Mecánica de Suelos*. PUCP – Lima. Peru

## **ANEXOS**

### **✓ Matriz de Consistencia**

### **✓ Ensayos Básicos y Especiales:**

- . Ensayos de Granulometría
- . Ensayos de DPL
- . Ensayos de Corte Directo

### **✓ Planos**

- . Área de Investigación en zona de expansión Urbana
- . Área de Investigación y ubicación de calicatas

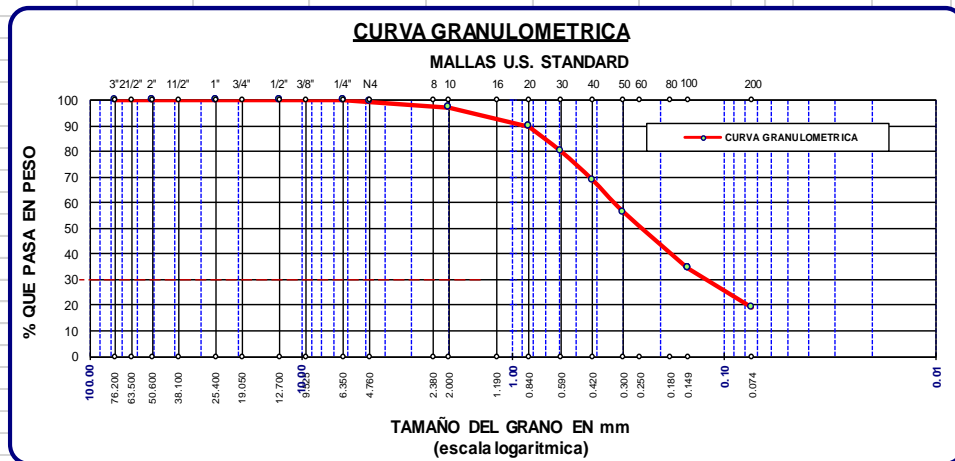


**ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO**

ASTM D-422

PROYECTO Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales" CALICATA : C-01  
 UBICACIÓN : Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna ESTRATO : 01  
 FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	Humedad Natural 1.30%  Profundidad: 0.00 A 2.50 m.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050					GRAVA FINA	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA GRUESA	Límites de Consistencia : LL = 18 LP = N.P IP = N.P
No4	4.760	5.40	0.78	0.78	99.22		
No8	2.380					ARENA MEDIA	
No10	2.000	15.30	2.21	2.99	97.01		
No16	1.190					ARENA FINA	CLASIFICACION SUCS: SM
No20	0.840	51.50	7.43	10.42	89.58		
No30	0.590	67.30	9.71	20.13	79.87		
No40	0.420	76.40	11.02	31.15	68.85		
No 50	0.300	86.50	12.48	43.64	56.36		
No60	0.250					LIM OS	
No80	0.180						
No100	0.149	152.50	22.01	65.64	34.36		
No200	0.074	106.30	15.34	80.98	19.02		
<b>BASE</b>		131.80	19.02	100.00	<b>0.00</b>		OBSERVACIONES
<b>TOTAL</b>		<b>693.00</b>	100.00				

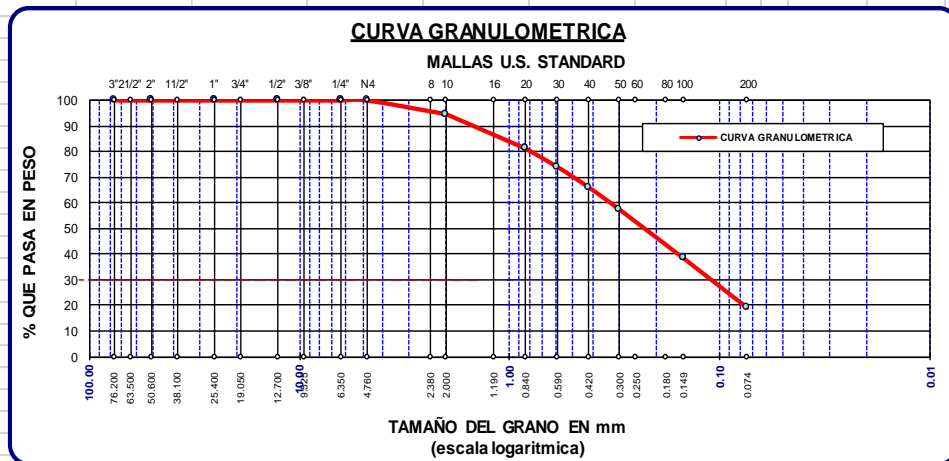


**ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO**

ASTM D-422

PROYECTO Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales" CALICATA : C-02  
 UBICACIÓN : Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna ESTRATO : 01  
 FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	Humedad Natural 2.10%  Profundidad: 0.00 A 0.80 m.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050					GRAVA FINA	Límites de Consistencia : LL = 16.5 LP = N.P IP = N.P
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA GRUESA	CLASIFICACION SUCS: SM
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380					ARENA MEDIA	OBSERVACIONES  Material No Plastico
No10	2.000	25.40	5.40	5.40	94.60		
No16	1.190						
No20	0.840	63.20	13.44	18.84	81.16		
No30	0.590	34.10	7.25	26.08	73.92		
No40	0.420	37.30	7.93	34.01	65.99	ARENA FINA	
No50	0.300	40.70	8.65	42.67	57.33		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	89.40	19.01	61.67	38.33	LIM OS	
No200	0.074	91.30	19.41	81.08	18.92		
<b>BASE</b>		89.00	18.92	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		470.40	100.00				



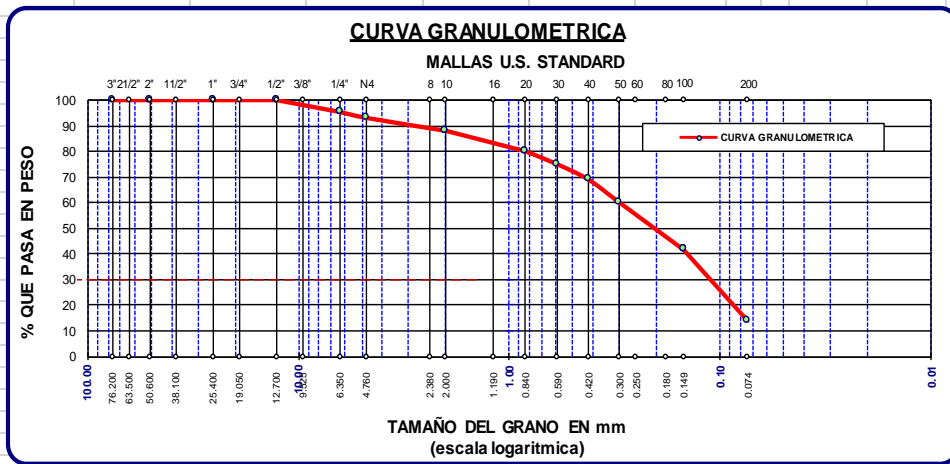


**ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO**

ASTM D-422

PROYECTO Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales" CALICATA : C-03  
 UBICACIÓN : Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna ESTRATO : 01  
 FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	Humedad Natural 2.46%  Profundidad: 0.00 A 1.10 m.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050					GRAVA FINA	Límites de Consistencia : LL = 19 LP = N.P IP = N.P
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	15.10	4.65	4.65	95.35	ARENA GRUESA	CLASIFICACION SUCS: SM
No4	4.760	7.40	2.28	6.93	93.07		
No8	2.380					ARENA MEDIA	
No10	2.000	16.30	5.02	11.96	88.04		
No16	1.190						
No20	0.840	25.80	7.95	19.91	80.09	ARENA FINA	
No30	0.590	16.70	5.15	25.05	74.95		
No40	0.420	19.30	5.95	31.00	69.00		
No50	0.300	28.80	8.88	39.88	60.12		
No60	0.250					LIMOS	
No80	0.180						
No100	0.149	59.60	18.37	58.24	41.76		
No200	0.074	89.70	27.64	85.89	14.11		
<b>BASE</b>		45.80	14.11	100.00	<b>0.00</b>		OBSERVACIONES Material No Plastico
<b>TOTAL</b>		<b>324.50</b>					

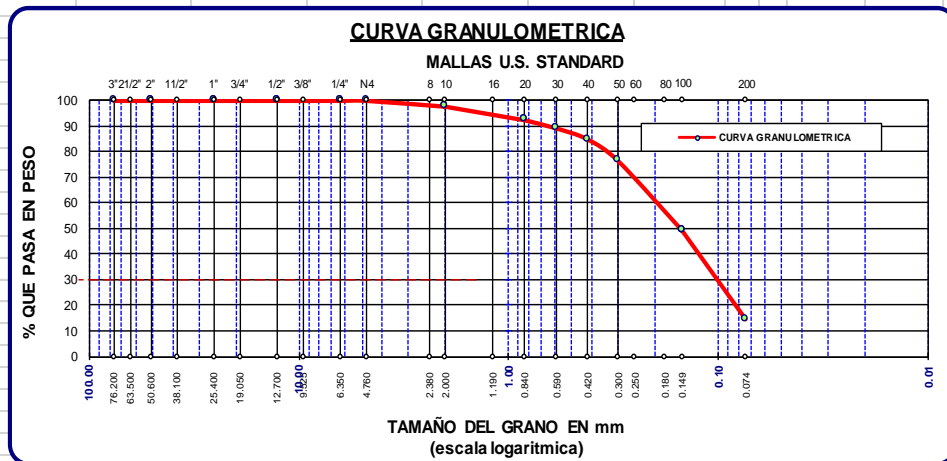


**ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO**

ASTM D-422

PROYECTO Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales" CALICATA : C-04  
 UBICACIÓN : Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna ESTRATO : 01  
 FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	Humedad Natural 1.53%
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050					GRAVA FINA	Profundidad: 0.00 A 2.00 m.
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA GRUESA	Límites de Consistencia : LL = 17.1 LP = N.P IP = N.P
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380						
No10	2.000	5.30	2.32	2.32	97.68		
No16	1.190					ARENA MEDIA	CLASIFICACION SUCS: SM
No20	0.840	12.10	5.29	7.60	92.40		
No30	0.590	7.40	3.23	10.83	89.17		
No40	0.420	9.80	4.28	15.12	84.88		
No 50	0.300	19.40	8.48	23.59	76.41		
No60	0.250					ARENA FINA	OBSERVACIONES
No80	0.180						
No100	0.149	62.10	27.13	50.72	49.28		
No200	0.074	79.60	34.78	85.50	14.50		
BASE		33.20	14.50	100.00	0.00	LIMOS	Material No Plastico
TOTAL		228.90	100.00				

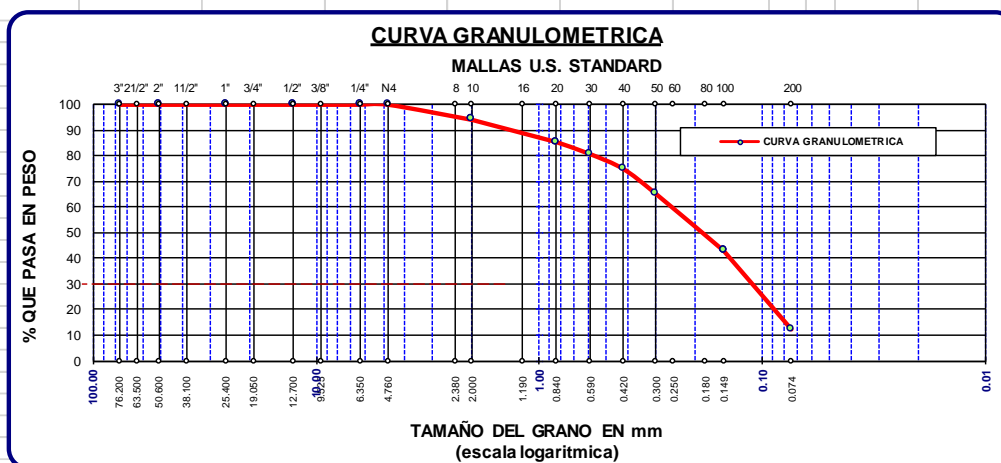


### ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO

ASTM D-422

PROYECTO	Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales"	CALICATA : C-05
		ESTRATO : 01
UBICACIÓN	: Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna	FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	<b>Humedad Natural</b> 1.68%  <b>Profundidad:</b> 0.00 A 1.20 m.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA FINA	<b>Límites de Consistencia :</b> LL = 16.3 LP = N.P IP = N.P
3/4"	19.050						
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525					ARENA GRUESA	<b>CLASIFICACION</b> SUCS: SM
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA MEDIA	
No8	2.380						
No10	2.000	15.70	5.92	5.92	94.08		
No16	1.190					ARENA FINA	
No20	0.840	22.90	8.63	14.55	85.45		
No30	0.590	12.60	4.75	19.30	80.70		
No40	0.420	15.30	5.77	25.07	74.93		
No 50	0.300	25.70	9.69	34.75	65.25	LIMOS	<b>OBSERVACIONES</b>  Material No Plastico
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	58.90	22.20	56.95	43.05		
No200	0.074	81.30	30.64	87.60	12.40		
<b>BASE</b>		32.90	12.40	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		265.30	100.00				

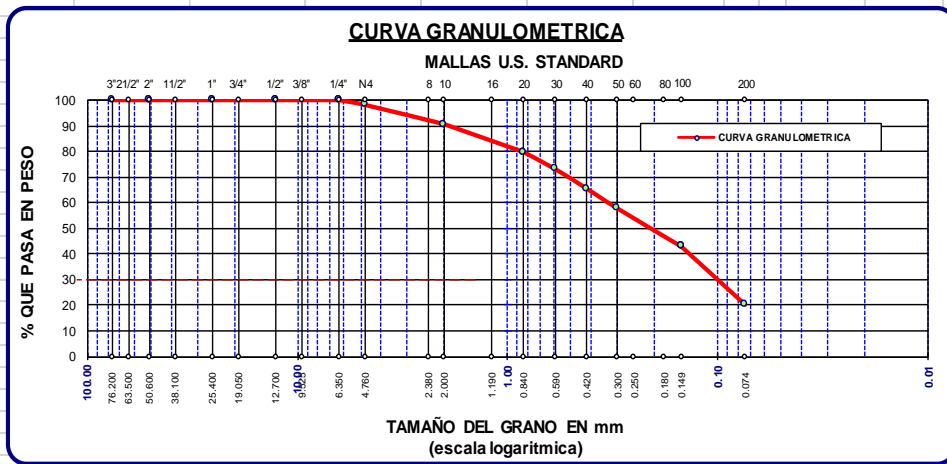


**ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO**

ASTM D-422

PROYECTO Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales" CALICATA : C-06  
 UBICACIÓN : Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna ESTRATO : 01  
 FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	Humedad Natural 2.00%  Profundidad: 0.00 A 2.20 m.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050					GRAVA FINA	Límites de Consistencia : LL = 17.2 LP = N.P IP = N.P
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA GRUESA	CLASIFICACION SUCS: SM
No4	4.760	8.00	1.90	1.90	98.10		
No8	2.380					ARENA MEDIA	OBSERVACIONES  Material No Plastico
No10	2.000	31.60	7.50	9.40	90.60		
No16	1.190						
No20	0.840	45.70	10.85	20.25	79.75	ARENA FINA	
No30	0.590	28.50	6.77	27.02	72.98		
No40	0.420	31.60	7.50	34.52	65.48	LIMOS	
No50	0.300	32.50	7.72	42.24	57.76		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	62.50	14.84	57.08	42.92		
No200	0.074	95.40	22.65	79.72	20.28		
<b>BASE</b>		85.40	20.28	100.00	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>421.20</b>	100.00				

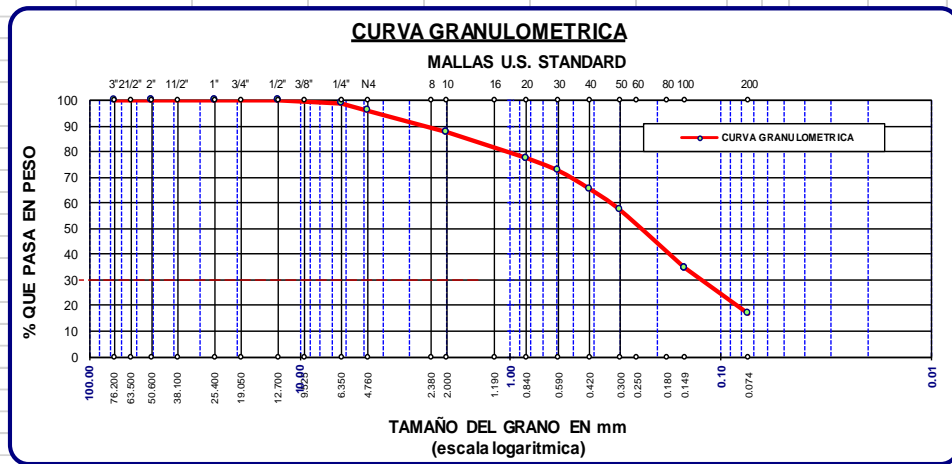


**ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO**

ASTM D-422

PROYECTO Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales" CALICATA : C-07  
 UBICACIÓN : Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna ESTRATO : 01  
 FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	Humedad Natural 1.21%  Profundidad: 0.00 A 0.90 m.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050					GRAVA FINA	Límites de Consistencia : LL = 18.7 LP = N.P IP = N.P
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	6.90	1.26	1.26	98.74	ARENA GRUESA	CLASIFICACION SUCS: SM
No4	4.760	15.70	2.86	4.12	95.88		
No8	2.380					ARENA MEDIA	
No10	2.000	45.60	8.32	12.44	87.56		
No16	1.190						
No20	0.840	55.20	10.07	22.51	77.49	ARENA FINA	
No30	0.590	27.50	5.02	27.52	72.48		
No40	0.420	38.90	7.09	34.62	65.38	LIMOS	
No50	0.300	45.70	8.33	42.95	57.05		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	122.40	22.32	65.27	34.73		
No200	0.074	98.70	18.00	83.28	16.72		
<b>BASE</b>		91.70	16.72	100.00	<b>0.00</b>		<b>OBSERVACIONES</b> Material No Plastico
<b>TOTAL</b>		<b>548.30</b>	100.00				

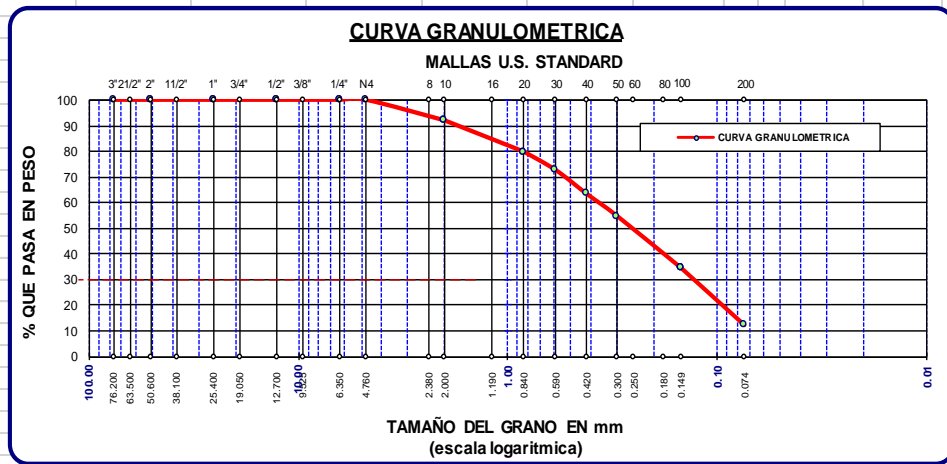


**ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO**

ASTM D-422

PROYECTO Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales" CALICATA : C-08  
 UBICACIÓN : Sector Siete Distrito Alto Alianza-Tacna ESTRATO : 01  
 FECHA : AGO 2017

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	MATERIAL	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	OBTENIDO	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	GRAVA GRUESA	Humedad Natural 1.40%
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050					GRAVA FINA	Profundidad: 0.00 A 0.80 m.
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	ARENA GRUESA	Límites de Consistencia : LL = 15.5 LP = N.P IP = N.P
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00		
No8	2.380					ARENA MEDIA	CLASIFICACION SUCS: SM
No10	2.000	35.80	8.08	8.08	91.92		
No16	1.190						
No20	0.840	53.80	12.14	20.22	79.78		
No30	0.590	32.00	7.22	27.44	72.56		
No40	0.420	41.00	9.25	36.69	63.31	ARENA FINA	
No 50	0.300	38.50	8.69	45.37	54.63		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	89.30	20.15	65.52	34.48	LIMOS	OBSERVACIONES Material No Plastico
No200	0.074	99.20	22.38	87.91	12.09		
<b>BASE</b>		53.60	12.09	100.00	<b>0.00</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>443.20</b>	100.00				



**REGISTRO DE SONDAJE**

**PERFORACION : DPL-C1**

PROYECTO : Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales en el sector siete del distrito de Alto de Alianza, Provincia y Region de Tacna. REALIZADO : PMC  
 FECHA DE EXCAVACION : agosto 2017  
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 2.50  
 UBICACIÓN : Calicata C-1 PROF. NIVEL FREATICO (m) : No existe

PR OF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA Nº de golpes 10 cm
			N SPT	$\phi$ (°) suelo friccionant	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	
0.20	Arena Limoso No plastica	SM	6	26.0	-	
1.00			7	26.8	-	
1.20			16	32.9	-	
2.00			14	31.7	-	
2.50			49	46.3	-	
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						

**OBSERVACIONES** : Se paró el ensayo cuando paso los 50 golpes en 10 cm.

**REGISTRO DE SONDAJE**

**PERFORACION : DPL-C5**

PROYECTO : Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales en el sector siete del distrito de Alto de Alianza, Provincia y Region de Tacna. REALIZADO : PMC  
 FECHA DE EXCAVACION : agosto 2017  
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.00  
 UBICACIÓN : Calicata C-5 PROF. NIVEL FREATICO (m) : No existe

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N <sub>DPL</sub> = N° de golpes 10 cm
			N SPT	φ (°) suelo friccionant	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	
0.20						
1.00	Arena Limoso No plastica	SM	9	28.4	-	
1.20			48	46.0	-	
2.00					-	
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						

OBSERVACIONES : Se paró el ensayo cuando paso los 50 golpes en 10 cm.



**REGISTRO DE SONDAJE**

**PERFORACION : DPL-C7**

PROYECTO : Tesis "Isovalores de la Capacidad Admisible del suelo para Cimentaciones Superficiales en el sector siete del distrito de Alto de Alianza, Provincia y Region de Tacna.	REALIZADO : PMC FECHA DE EXCAVACION : agosto 2017 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.00 PROF. NIVEL FREATICO (m) : No existe
UBICACIÓN : Calicata C-7	

PR OF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA
			N SPT	φ (°) suelo friccionant	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	Nº de golpes N <sub>DPL</sub> = 10 cm
0.20			9	28.4	-	
1.00	Arena Limoso No plastica	SM	47	45.7	-	
1.20					-	
2.00					-	
3.00					-	
4.00					-	
5.00					-	
6.00					-	
7.00					-	
8.00					-	

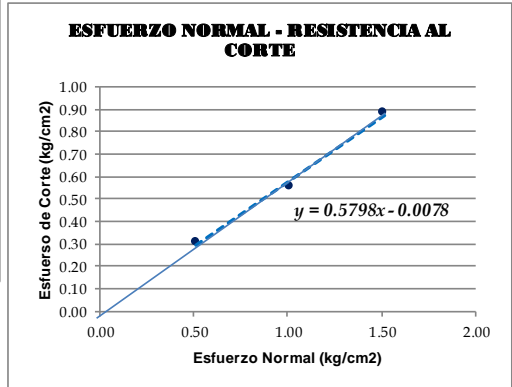
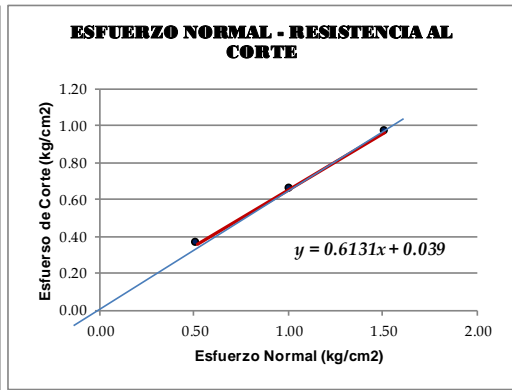
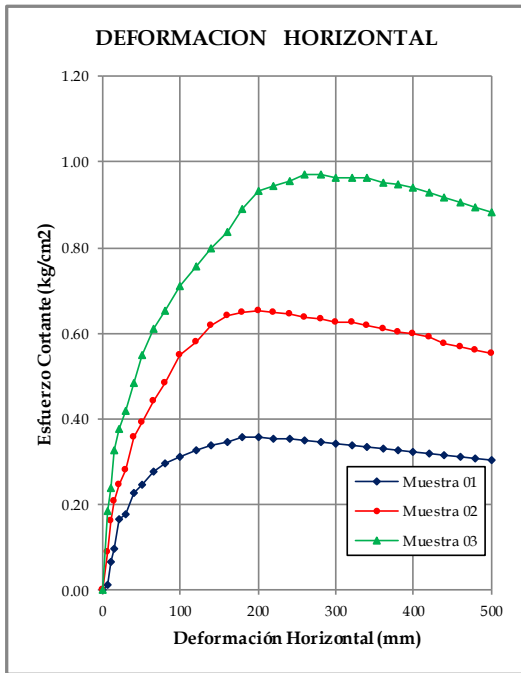
**OBSERVACIONES** : Se paró el ensayo cuando paso los 50 golpes en 10 cm.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

PROYECTO	: ESTUDIO DE SUELOS				
SOLICITA	: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA				
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA – PROV. TACNA				
MUESTRA	: CALICATA C-1				
FECHA	: MAYO DEL 2017				

**GRAFICO DE CORTE DIRECTO**



COHESIÓN ( C )  
 ANGULO DE FRICCIÓN ( φ )

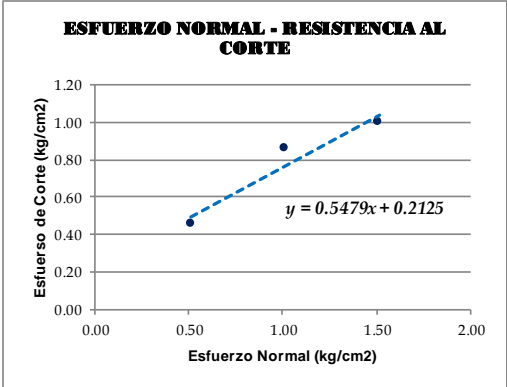
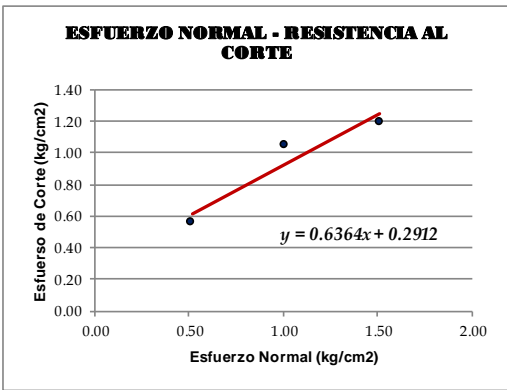
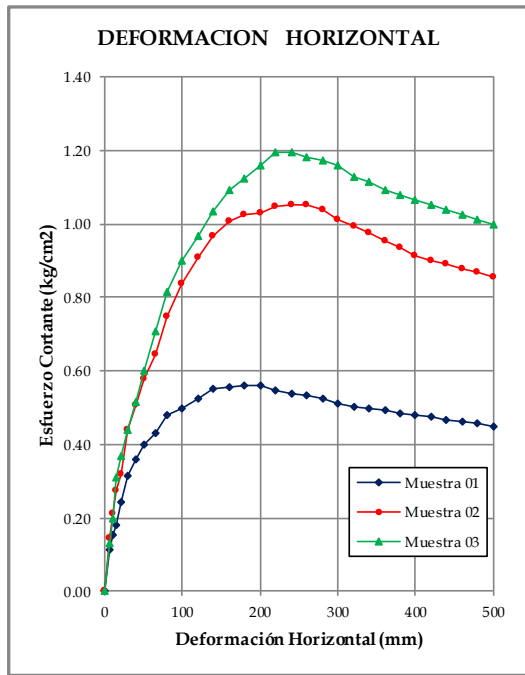
	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN ( C )	0.033	-0.035
ANGULO DE FRICCIÓN ( φ )	31.51	29.98

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

PROYECTO	: ESTUDIO DE SUELOS				
SOLICITA	: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA				
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA – PROV. TACNA				
MUESTRA	: CALICATA C-2				
FECHA	: MAYO DEL 2017				

**GRAFICO DE CORTE DIRECTO**



COHESIÓN ( C )  
 ANGULO DE FRICCIÓN (  $\phi$  )

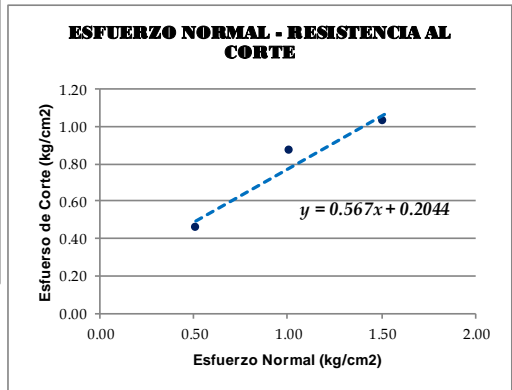
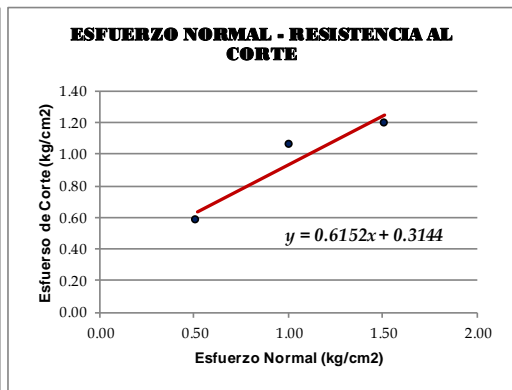
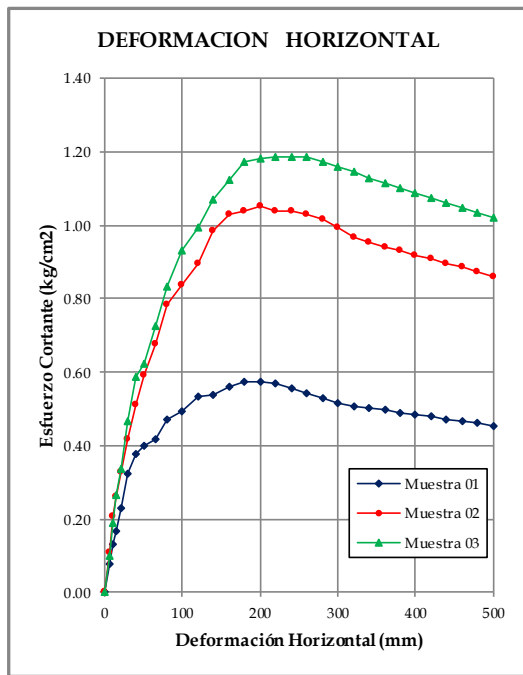
	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN ( C )	0.407	0.300
ANGULO DE FRICCIÓN ( $\phi$ )	30.34	27.47

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

PROYECTO	: ESTUDIO DE SUELOS				
SOLICITA	: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA				
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA – PROV. TACNA				
MUESTRA	: CALICATA C-6				
FECHA	: MAYO DEL 2017				

**GRAFICO DE CORTE DIRECTO**



COHESIÓN ( C )  
 ANGULO DE FRICCIÓN ( φ )

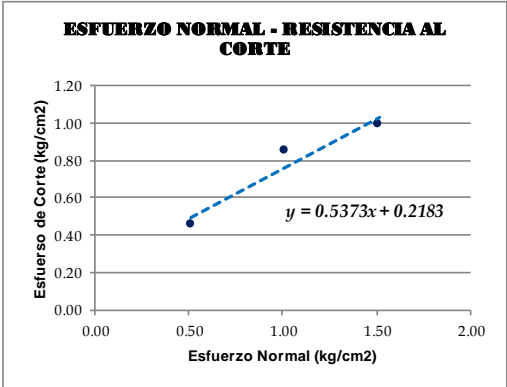
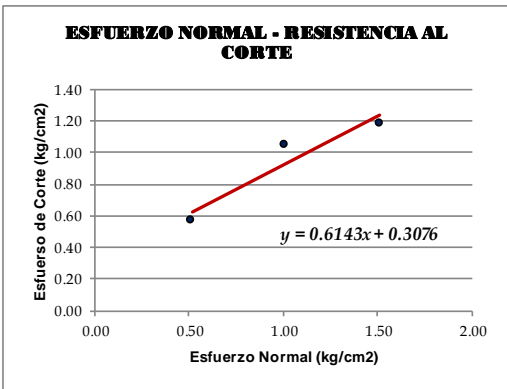
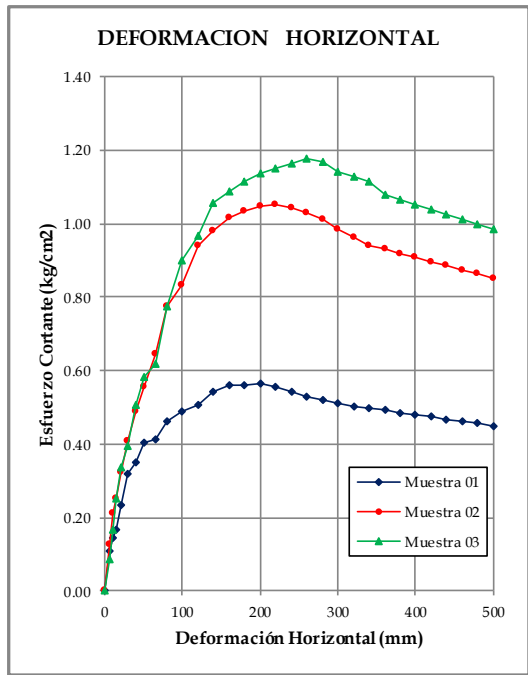
	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN ( C )	0.429	0.287
ANGULO DE FRICCIÓN ( φ )	29.50	28.43

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

PROYECTO	: ESTUDIO DE SUELOS				
SOLICITA	: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA				
UBICACIÓN	: DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA – PROV. TACNA				
MUESTRA	: CALICATA C-5				
FECHA	: MAYO DEL 2017				

**GRAFICO DE CORTE DIRECTO**



COHESIÓN ( C )  
 ANGULO DE FRICCIÓN ( φ )

	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN ( C )	0.428	0.307
ANGULO DE FRICCIÓN ( φ )	29.25	26.98