

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“PROPUESTA TÉCNICA PARA CIMENTACIONES DE  
VIVIENDAS UBICADAS EN EL SECTOR VII DEL DISTRITO  
ALTO DE LA ALIANZA -TACNA - 2018”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Guido Gonzalo Cañi Huaricallo

Bach. Juan Víctor Gómez Honori

TACNA – PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tesis/Trabajo de investigación**

**“PROPUESTA TÉCNICA PARA CIMENTACIONES DE  
VIVIENDAS UBICADAS EN EL SECTOR VII DEL DISTRITO  
ALTO DE LA ALIANZA -TACNA - 2018”**

Tesis sustentada y aprobada el 17 de junio del 2019; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Ing. Oscar Segundo Angulo Salas**

**SECRETARIO:**

  
\_\_\_\_\_  
**Mag. Ing. Alfonse Oswaldo Flores Mello**

**VOCAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Erick Calderón Lozano**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Guido Gonzalo Cañi Huaricallo, en calidad de: Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 71324045.

Declaro bajo juramento que:

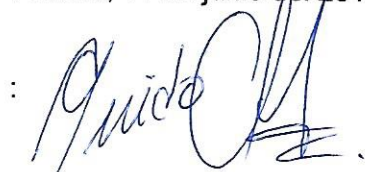
1. Soy autor (a) de la tesis titulada:  
"PROPUESTA TÉCNICA PARA CIMENTACIONES DE VIVIENDAS UBICADAS EN EL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - TACNA - 2018".  
la misma que presento para optar:  
**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentado. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha : Tacna, 17 de junio del 2019

Firma :



Nombres y apellidos : Guido Gonzalo Cañi Huaricallo

DNI : 71324045

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Juan Víctor Gómez Honori, en calidad de: Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 47270805.


Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:  
"PROPUESTA TÉCNICA PARA CIMENTACIONES DE VIVIENDAS  
UBICADAS EN EL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA -  
TACNA - 2018".  
la misma que presento para optar:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentado. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha : Tacna, 17 de junio del 2019

Firma : 

Nombres y apellidos : Juan Víctor Gómez Honori

DNI : 47270805

## **DEDICATORIA**

A nuestros queridos padres que con todo su apoyo nos ofrecen siempre lo mejor y nos brindaron dedicación y paciencia durante estos cinco años de estudio.

A nuestros compañeros de estudio, docentes y amigos, quienes con su apoyo han hecho posible la culminación de este proyecto.

## AGRADECIMIENTO

- Agradecer a Dios por darnos fuerzas e iluminar nuestro camino
- Ingeniero Erick Calderón Lozano
- Equipo técnico del Laboratorio de Mecánica de suelos, Concreto y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna.



## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
CONTENIDO .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	viii
INDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.2.1 Formulación del Problema General.....	3
1.2.2 Formulación del Problema Específico .....	3
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.5.1 Hipótesis General.....	4
1.5.2 Hipótesis Específicas .....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Antecedentes del estudio.....	5
2.1.1 Antecedentes locales .....	5
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	6
2.1.3 Antecedentes internacionales .....	7
2.2 Bases teóricas .....	8

2.2.1	Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi .....	8
2.2.2	Teoría de Meyerhof .....	11
2.2.3	Teoría de Hansen.....	13
2.2.4	Teoría de Vesic .....	13
2.2.5	Capacidad de carga según RNE E.050.....	13
2.2.6	Factor de Seguridad.....	14
2.2.7	Esfuerzo permisible transmitido .....	15
2.2.8	Muestreo de suelos y rocas .....	15
2.2.9	Suelos colapsables .....	16
2.2.10	Ensayos de in situ y laboratorio .....	16
2.2.11	Ensayo para Determinar Propiedades Mecánicas .....	19
2.2.12	Capacidad de carga.....	20
2.2.13	Profundidad de cimentación.....	20
2.2.14	Cargas excéntricas .....	21
2.2.15	Cimentaciones superficiales .....	21
2.2.16	Cimento corrido.....	22
2.2.17	Zapata aislada .....	22
2.2.18	Zapata combinada .....	23
2.3	Definición de términos .....	24
2.3.1	Mecánica de Suelos .....	24
2.3.2	Calicatas .....	24
2.3.3	Perfil Estratigráfico .....	24
2.3.4	Presión Admisible del Suelo.....	24
2.3.5	Capacidad carga .....	24
2.3.6	Capacidad carga admisible .....	25
2.3.7	Cimentación Superficial.....	25
2.3.8	Albañilería o mampostería .....	25

2.3.9	Diseño de zapatas.....	25
2.3.10	Cimentación excéntrica.....	25
2.3.11	Efecto de carga excéntrica.....	25
2.3.12	Carga .....	26
2.3.13	Carga Muerta .....	26
2.3.14	Carga Viva .....	26
2.3.15	Carga de servicio .....	26
2.3.16	Concreto .....	26
2.3.17	Concreto armado .....	26
2.3.18	Concreto simple .....	27
2.3.19	Concreto ciclópeo .....	27
2.3.20	Módulo de Elasticidad.....	27
2.3.21	Refuerzo corrugado .....	27
2.3.22	Resistencia de diseño.....	27
2.3.23	Resistencia nominal.....	27
2.3.24	Resistencia requerida .....	27
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....		28
3.1	Tipo y Nivel de la investigación.....	28
3.1.1	Tipo de investigación.....	28
3.1.2	Nivel de la investigación .....	28
3.2	Población y/o muestra de estudio.....	28
3.2.1	Población .....	28
3.2.2	Muestra .....	28
3.3	Operacionalización de variables .....	29
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	30
3.4.1	Técnicas.....	30
3.4.2	Instrumentos .....	32

3.5	Procesamiento y análisis de datos .....	33
3.5.1	Procesamiento y análisis de Campo .....	33
3.5.2	Procesamiento y análisis de Laboratorio.....	34
3.5.3	Procesamiento y análisis de Gabinete .....	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....		35
4.1	Ensayos de laboratorio .....	35
4.1.1	Densidad in situ.....	35
4.1.2	Contenido de humedad .....	35
4.1.3	Límite de Atterberg.....	36
4.1.4	Corte directo.....	37
4.1.5	Clasificación de suelos según sistema SUCS.....	38
4.2	Suelos Colapsables .....	39
4.3	Determinación de capacidad admisible .....	40
4.4	Creación de mapa de isovalores de capacidad admisible .....	42
4.5	Predimensionamiento .....	44
4.5.1	Losa aligerada.....	44
4.5.2	Losa maciza .....	44
4.5.3	Viga.....	45
4.5.4	Columna.....	45
4.5.5	Resumen.....	46
4.6	Memoria descriptiva.....	47
4.6.1	Generalidades.....	47
4.6.2	Método de diseño.....	47
4.6.3	Factor de resistencia.....	48
4.6.4	Fuerza sísmica.....	48
4.6.5	Esfuerzos límites para concretos armados .....	48
4.7	Análisis sísmico .....	49

4.7.1	Introducción.....	49
4.7.2	Modelo estructural.....	49
4.7.3	Análisis estático.....	51
4.7.4	Análisis dinámico modal espectral .....	54
4.8	Diseño de cimentación.....	58
4.8.1	Predimensionamiento.....	58
4.8.2	Verificaciones.....	58
4.8.3	Verificación de excentricidad.....	60
4.8.4	Diseño por Punzonamiento .....	60
4.8.5	Diseño por Corte .....	60
4.8.6	Diseño por Flexión .....	60
4.8.7	Diseño por Aplastamiento .....	61
4.8.8	Modelamiento en programa SAFE v.16 .....	61
4.8.9	Cuadro resumen de zapatas .....	64
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		65
5.1	Análisis geotécnico .....	65
5.1.1	Trabajo de campo .....	65
5.1.2	Trabajo de laboratorio .....	65
5.1.3	Trabajo de gabinete .....	66
5.2	Análisis cimentación .....	71
CONCLUSIONES .....		72
RECOMENDACIONES.....		73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		74
ANEXOS.....		76

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Factores de capacidad de carga de Terzaghi en falla general de suelos</i> ....	9
Tabla 2 <i>Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi en falla local de suelos</i> .....	10
Tabla 3 <i>Factores de capacidad de carga modificados por Meyerhof en suelos</i> .....	12
Tabla 4 <i>Clasificación SUCS - Símbolos</i> .....	17
Tabla 5 <i>Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad</i> .....	19
Tabla 6 <i>Número de puntos de exploración</i> .....	30
Tabla 7 <i>Normas de referencia para ensayos de suelos en laboratorio</i> .....	31
Tabla 8 <i>Ubicación de calicatas exploradas para el Proyecto</i> . .....	33
Tabla 9 <i>Resultados del ensayo de Densidad in situ</i> .....	35
Tabla 10 <i>Resultados del ensayos de Humedad Natural</i> .....	36
Tabla 11 <i>Resultados del ensayos de Limite de Atterberg</i> .....	36
Tabla 12 <i>Resultado del ensayo de Corte Directo</i> .....	37
Tabla 13 <i>Resultado de Clasificación de Suelos</i> . .....	38
Tabla 14 <i>Parámetros para la relación entre los colapsables y no colapsables</i> .....	39
Tabla 15 <i>Resumen de resultados de capacidad admisible a 1.50 m</i> .....	40
Tabla 16 <i>Resumen de resultados de capacidad admisible a 2.00 m</i> .....	41
Tabla 17 <i>Resumen de resultados de capacidad admisible conservador</i> .....	42
Tabla 18 <i>Espesores típicos y luces máximas recomendadas para losa aligerada</i> . .	44
Tabla 19 <i>Espesores típicos y luces máximas recomendadas para losa maciza</i> .....	45
Tabla 20 <i>Resultados de derivas en eje x-x</i> .....	53
Tabla 21 <i>Resultados de derivas en eje y-y</i> .....	53
Tabla 22 <i>Resultados de modos de vibración y participación de masas</i> .....	55
Tabla 23 <i>Cuadro resumen de dimensiones de zapatas</i> .....	64

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación de la zona de estudio. ....	1
<i>Figura 2.</i> Asoc. Alto Santa Cruz margen izquierdo carretera (Tacna - Tarata) km 5. 2	2
<i>Figura 3.</i> Asoc. Alto Santa Cruz margen derecho carretera (Tacna - Tarata) km 5. . 2	2
<i>Figura 4.</i> Falla por capacidad de carga.....	8
<i>Figura 5.</i> Diagrama de un arreglo de prueba de corte directo .....	20
<i>Figura 6.</i> Detalle de cimentación corrida.....	22
<i>Figura 7.</i> Detalle de zapata aislada.....	23
<i>Figura 8.</i> Detalle de zapata combinada.....	23
<i>Figura 9.</i> Plano de lotización de viviendas .....	29
<i>Figura 10.</i> Criterios del potencial de colapso .....	39
<i>Figura 11.</i> Análisis del programa LOADCAP.....	41
<i>Figura 12.</i> Mapa de isovalores de capacidad admisible 1.50 m. ....	43
<i>Figura 13.</i> Mapa de isovalores de capacidad admisible 2.00 m. ....	43
<i>Figura 14.</i> Detalle típico de losa aligerada e=20 cm. ....	44
<i>Figura 15.</i> Modelamiento de la vivienda en ETABS 2017. ....	50
<i>Figura 16.</i> Espectro sísmico en la dirección x-x. ....	54
<i>Figura 17.</i> Espectro sísmico en la dirección y-y. ....	55
<i>Figura 18.</i> Primer modo de vibración .....	56
<i>Figura 19.</i> Segundo modo de vibración .....	57
<i>Figura 20.</i> Modelamiento de cimentaciones en SAFE v.16.....	61
<i>Figura 21.</i> Cargas exportadas de ETABS 2017 a SAFE v.16 .....	62
<i>Figura 22.</i> Verificación por presión de suelo en SAFE v.16. ....	62
<i>Figura 23.</i> Verificación por punzonamiento en SAFE v.16. ....	63
<i>Figura 24.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2003.....	66
<i>Figura 25.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2006.....	67
<i>Figura 26.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2007.....	67
<i>Figura 27.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2009.....	67
<i>Figura 28.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2010.....	68
<i>Figura 29.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2011.....	68
<i>Figura 30.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2012.....	68
<i>Figura 31.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2013.....	69
<i>Figura 32.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2014.....	69
<i>Figura 33.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2015.....	69
<i>Figura 34.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2016.....	70
<i>Figura 35.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2017.....	70
<i>Figura 36.</i> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2018.....	70

## **ANEXOS**

- A-01. Matriz de Consistencia
- A-02. Perfil Estratigráfico
- A-03. Cuadro resumen de ensayo
- A-04. Densidad in situ
- A-05. Contenido de humedad
- A-06. Análisis granulométrico
- A-07. Limite Atterberg
- A-08. Corte Directo
- A-09. Capacidad admisible
- A-10. Gráfico de capacidad admisible
- A-11. Análisis sísmico - Irregularidades
- A-12. Diseño de cimentaciones superficiales
- A-13. Panel fotográfico
- A-14. Planos
  - Plano de ubicación
  - Plano de ubicación de calicatas
  - Plano de arquitectura
  - Plano de corte y elevación
  - Plano de cimentación
  - Mapa de isovalores de capacidad admisible a 1.50 m.
  - Mapa de isovalores de capacidad admisible a 2.00 m.



## RESUMEN

En la presente tesis “PROPUESTA TÉCNICA PARA CIMENTACIONES DE VIVIENDAS UBICADAS EN EL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA -TACNA - 2018”, se determinó las propiedades físicas, mecánicas y capacidad portante del suelo, para poder proponer un tipo de cimentación adecuada para las viviendas en la Asociación Alto Santa Cruz ubicada en la Zona VII del distrito Alto de la Alianza. La investigación es exploratoria, ya que se caracteriza por ser parte de una problemática en las viviendas, que viene aquejando a la sociedad al momento de asentar sus viviendas. El tipo de suelo obtenido en la Asociación de vivienda Alto Santa Cruz, está compuesta generalmente de arena limosa, con ángulo de fricción interna de  $28.37^\circ$  y con capacidad admisible de  $1.33 \text{ kg/cm}^2$  y  $1.65 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de 1.50 m. y 2.00 m. respectivamente, considerando un área de zapata cuadrada de 1.20 m. con un factor de seguridad de 3.5, siendo el resultado más crítico. Con los valores obtenidos de capacidad admisible se elaboró los mapas de isovalores de capacidad admisible a 1.50 m. y 2.00 m. de profundidad en la Asociación de vivienda Alto Santa Cruz, con la finalidad de ser útil al momento de tomar alguna decisión para cimentar sus viviendas o realizar algún tipo de construcción dentro la asociación. La propuesta de cimentación fue realizada con la capacidad admisible de  $1.65 \text{ kg/cm}^2$ , donde la estructura de cimentación construida para las viviendas en general es de zapatas aisladas de 1.10 x 1.10 m, donde también debe considerarse zapatas combinadas. El diseño fue realizado según las normas técnicas de concreto armado. Finalmente, propuesta de cimentación conlleva a los pobladores de dicha zona a construir sus viviendas de manera formal.

**Palabras claves: Ángulo de fricción, Capacidad admisible, Cimentación, Mapa de isovalores, Propuesta, Suelo.**

## ABSTRACT

In this thesis "PROPUESTA TÉCNICA PARA CIMENTACIONES DE VIVIENDAS UBICADAS EN EL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA -TACNA - 2018", we want to determine the physical, mechanical and support capacity of the soil, to be able to propose an appropriate type of foundation for the housing in the Alto Santa Cruz association located in Zone VII of Alto de la Alianza. The research is exploratory, it is characterized for being part of a problem in the houses, which has affected society when they settle their homes in soils of high seismic risk. The type of soil obtained in the Alto Santa Cruz housing association has sand very classified to silty sand, with an average internal friction angle of  $30^\circ$  and with an allowable capacity of  $1.33 \text{ kg/cm}^2$  and  $1.65 \text{ kg/cm}^2$  at a depth of 1.50 m and 2.00 m respectively, being the most critical result. These values are typical of the type of soil analyzed. With the values obtained of admissible capacity it was possible to elaborate some maps of admissible capacity at 1.50 m and 2.00 m of depth in the Alto Santa Cruz Housing Association, in order that it could be useful at the moment of taking a decision to consolidate the Houses or make some kind of construction within the association. The foundation proposal was made with an admissible capacity of  $1.65 \text{ kg/cm}^2$ , where the foundation structure built for houses in general is  $1.10 \times 1.10 \text{ m}$  insulated footings, where they must also be considered combined footings. The design was made in accordance with the technical standards of reinforced concrete. Finally, the foundation's proposal leads the residents of that area to build their homes in a formal way.

**Key words:** friction angle, permitted capacity, foundations, value map, proposal, soil.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de tesis busca ayudar a las futuras construcciones de vivienda en la Asociación Alto Santa Cruz ubicada en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza, realizando un estudio de mecánica de suelos para luego proponer un tipo de cimentación superficial adecuada que cumple con los criterios de verificación.

En el Capítulo I trata de los objetivos generales y específicos tales como, realizar la propuesta para cimentación de viviendas ubicadas en la Asociación de Alto Santa Cruz del Sector VII del distrito Alto de la Alianza.

En el Capítulo II trata del marco teórico siendo necesario conocer los antecedentes de estudios realizados y las bases teóricas de diferentes términos y métodos de desarrollo que serán necesario conocer para la presente tesis.

En el capítulo III se desarrolló la metodología para la determinación de las propiedades físicas, mecánicas del suelo, con el fin de determinar la capacidad portante de suelo en la zona de estudio y proponer el tipo de cimentación adecuada, siendo el nivel de investigación comprensivo la cual busca evaluar la problemática que viene aquejando a la sociedad al momento de asentar sus viviendas en suelos.

En el Capítulo IV expone los resultados de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, los valores de la capacidad admisible, mapa de isovalores de capacidad admisible y el tipo de cimentación para zona de estudio.

El Capítulo V trata de la interpretación de los resultados obtenidos y la importancia de ellos para la zona de estudio.

En las conclusiones se presentan los resultados obtenidos de los ensayos ejecutados en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna y la propuesta técnica de cimentación para viviendas.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

Uno de los principales problemas en el distrito Alto de la Alianza, es la falta de estudios de suelos que puede contribuir para la realización de un diseño de cimentaciones en sus viviendas.

En la actualidad el distrito Alto de la Alianza tiene un crecimiento poblacional debido a la migración de personas a la ciudad, lo cual provoca invasiones asentadas en zonas no adecuadas en la ciudad como es el caso del Sector VII, en la Asociación de vivienda Alto Santa Cruz del distrito Alto de la Alianza ubicado en el cerro Intiorko.

En el sector VII se vienen dando una serie de ocupaciones ilegales, donde no tienen los servicios básicos, además cuenta con viviendas construidas con material rústicos e improvisados, donde también encontramos pocas viviendas construidas con material noble, y estas son viviendas autoconstruidas, que surge por las carencias económicas la cual conlleva a no poder contratar servicios profesionales.

Cabe mencionar que dicho sector presenta una alta vulnerabilidad sísmica, por lo cual las futuras viviendas pasarían a ser inhabitables ante un evento sísmico, poniendo en riesgo la vida de las personas.



*Figura 1.* Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 2.* Asoc. Alto Santa Cruz margen izquierdo carretera (Tacna - Tarata) km 5.

Elaboración: Propia.



*Figura 3.* Asoc. Alto Santa Cruz margen derecho carretera (Tacna - Tarata) km 5.

Elaboración: Propia.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Formulación del Problema General**

¿Dispone la Asociación una Propuesta Técnica para Cimentaciones de viviendas ubicadas en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza?

### **1.2.2 Formulación del Problema Específico**

¿Cuáles son las propiedades físicas – mecánicas incluyendo valores de capacidad admisible de suelos en dicho sector?

¿Cuál es el tipo de diseño adecuado para la cimentación de viviendas del sector VII del distrito Alto de la Alianza?

¿Cuáles son valores de capacidad admisible para la creación de mapa de isovalores en dicho sector?

## **1.3 Justificación e importancia**

El presente trabajo “PROPUESTA TÉCNICA PARA CIMENTACIONES DE VIVIENDAS UBICADAS EN EL SECTOR VII DEL DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA -TACNA - 2018”, se justifica teóricamente porque se empleará estudios de cimentaciones superficiales, teoría de la capacidad de carga y estudios de mecánica de suelos, todo ello para que puedan garantizar su adecuada propuesta técnica para cimentaciones en viviendas.

El trabajo intenta ayudar a las futuras construcciones de viviendas, proponiendo un diseño de cimentación para dichas viviendas y con los resultados del estudio de mecánica de suelos poder crear mapas de isovalores de capacidad admisible que sirva de herramienta para futuros diseños de cimentaciones ubicadas de la Asociación Alto Santa Cruz en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Realizar propuesta técnica para cimentaciones de viviendas ubicadas en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza -Tacna - 2018

### 1.4.2 Objetivos específicos

Obtener las propiedades físicas y mecánicas de suelo incluyendo la determinación de los valores de capacidad admisible

Proponer un tipo de cimentación adecuada para viviendas en la zona de estudio.

Realizar mapa de isovalores de capacidad admisible a 1.50 m y a 2.00 m de profundidad.

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis General

Las propiedades físicas y mecánicas de suelo en la Asociación Alto Santa Cruz, corresponde a un tipo de suelo clasificado como arena limosa que podría presentar capacidad portante de  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  la cual requiere servicio profesional para el diseño de cimentación.

### 1.5.2 Hipótesis Específicas

El tipo de suelo en la Asociación Alto Santa Cruz del sector VII del distrito Alto de la Alianza no son óptimas para la construcción de viviendas.

El valor de capacidad admisible permite un adecuado diseño de cimentaciones para la construcción de viviendas en la zona de estudio.

Los mapas de isovalores de capacidad admisible es una herramienta adecuada para la cimentación de viviendas en la Asociación Alto Santa Cruz del sector VII del distrito Alto de la Alianza.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del estudio**

#### **2.1.1 Antecedentes locales**

En la ciudad de Tacna se realizaron investigaciones sobre estudios geotécnicos y sísmicos tales como:

(Aya, 2015) presentó su tesis “Estudio de Suelos con fines de cimentación en las Asociaciones de vivienda San Cristóbal, San Juan Bosco y San Fernando del sector VII del distrito Alto de la Alianza – Región Tacna”, lo cual concluye que las características geotécnicas del suelo estudiadas señalan que las viviendas situadas en el cerro Intiorko no ofrecen calidad ni seguridad frente a los eventos sísmicos similares a los que han precedido en Tacna, y que el suelos presentan una clasificación SM de arena limosa con bajo contenido de humedad y plasticidad.

(Flores, 2017) presentó su tesis de maestría “Determinación del Tipo de Suelo y Potencial de Colapso del Suelo del Puesto de Salud Intiorko, distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna-2017”, la cual menciona que el tipo de suelo es arena limosa suelta, cuyo potencial de colapso del suelo para capacidad de carga admisible de 1.00 kg/cm<sup>2</sup> es moderado.

(Maquera, 2017) presentó su tesis de maestría “Isovalores de capacidad admisible del suelo para cimentaciones superficiales en el sector siete del distrito alto de la alianza, Tacna 2017” donde concluye que 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 varía de 25.2° a 31.5°, confirmando un material propio de cenizas volcánicas.

(Cabrera, 2018) presentó su tesis de maestría “Riesgo geotécnico de las Asociaciones de Vivienda Sol Naciente y Dos de Febrero, Ciudad Nueva-Tacna” donde analiza las características geotécnicas del sector del cerro Intiorko donde se encuentra emplazada las Asociaciones de Vivienda Sol Naciente y Dos de Febrero.



### 2.1.2 Antecedentes nacionales

(Cubas y León, 2007), realizaron la difusión de su investigación: “Estudio comparativo de cimentaciones superficiales y profundas en la ciudad de Chiclayo”, por medio de las publicaciones que se realiza en su portal web el instituto de la Construcción y Gerencia. Uno de sus objetivos dice: - Realizar el diseño de cimentaciones para edificaciones destinadas a viviendas, empezar desde un piso, dos pisos, tres pisos, y así aumentamos un piso hasta determinar el tipo de cimentación a usar. Lo cual sus conclusiones fueron: - Del primer al tercer nivel se usarán zapatas de cimentación, también se diseñarán vigas de conexión dependiendo de la ubicación de estas. - En el cuarto y quinto nivel se usarán zapatas de continuas de cimentación en el sentido longitudinal transversalmente se diseñarán vigas de conexión para absorber las excentricidades de las cimentaciones de borde. - En el nivel 6 se usará platea de cimentación, las cuales se recomiendan que sean diseñadas con vigas - A partir del 7 nivel es necesario el uso de cimentaciones profundas (pilotes)

(Condori y Barreto, 2007), presentó su tesis: “Estudio de los suelos con fines de cimentación en la ciudad de Huancayo”, en el menciona: el diseño de la cimentación de estructuras tales como edificios, proyectos de carreteras, defensas ribereñas, estabilidad de taludes, entre otros requiere de conocimientos de las propiedades del suelo y su desarrollo de acuerdo a las normas establecidas. En mecánica de suelos se debe llegar a cuantificar las propiedades del suelo como son contenido de humedad, tamaño, pesos específicos, etc. La cuantificación de las propiedades ayudara a solucionar los problemas que se presentan en las diversas obras civiles como son los problemas en la cimentación de una construcción.

(Rodríguez, 2011), realizo un artículo sobre: “La Influencia de las Propiedades del suelo en diseño de Cimentaciones”. En su resumen dice: se presentan los aspectos más importantes que gobiernan el diseño de cimentaciones, y se hace énfasis en la influencia de las propiedades del suelo, como son: profundidad de cimentación, asentamientos, expansiones, contenido de sales, capacidad portante y el esfuerzo máximo por asentamientos del suelo. se ha determinado el área de zapatas y secciones de vigas de conexión y sus aceros; mostrándose que, con mayor capacidad portante del suelo, se reducen el acero y el concreto de las cimentaciones.

### 2.1.3 Antecedentes internacionales

(Palacios, 2011), Realizo la Monografía de: “Proceso Constructivo de una cimentación Mixta para un Contenedor Cilíndrico Vertical Con capacidad de 10,000 Barriles de Agua”, en la facultad de Ingeniera de la Universidad Veracruzana nos dice en sus conclusiones: - El proceso de construcción de una cimentación varía mucho, tanto por las condiciones de suelo en el cual se trabaje, como del criterio de la compañía o ingeniero que se encuentra a cargo de la obra. - Las condiciones del suelo y el tipo de estructura a desplantar determinar los tipos de exploraciones y sondeos del suelo con el fin de determinar el tipo de cimentación o perfeccionarla, si es que ya se cuenta con antecedentes delos tipos de cimentaciones empleadas en la zona.

(Moya, 2015), presento su tesis de "Estudio y análisis del comportamiento estructural de cimentaciones superficiales por efectos de consolidación del suelo de fundación, según la metodología propuesta por la norma ecuatoriana de la construcción". Pudo concluir que es muy importante ejecutar un estudio completo de suelos ante posibles problemas de consolidación y asentamientos en cualquier terreno de cimentación. Se debe realizar el análisis y diseño sismo-resistente de una estructura, así como todas sus verificaciones, para que esté en capacidad de responder ante cualquier requerimiento no solamente de capacidad sino de rigidez.

(López, 2011), realizo la tesis de: “Análisis y diseño de una cimentación superficial de una estructura”, en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de México. Nos dice que el diseño de una cimentación debe ser capaz de no solo soportar toda las cargas que impone la misma estructura, sino el poder adaptarse a las condiciones que impone el suelo que lo rodea esta investigación llevo a las siguientes conclusiones: 1. Para efecto de deformación debemos recordar que los suelos friccionantes tienen, un alto grado de coeficiente de permeabilidad provocando que se expulse agua y aire rápidamente ocasionando que la compresión de arenas ocurra durante la construcción y termine en cuanto finalice la edificación. 2. Mientras que los suelos cohesivos presentan un valor muy bajo de permeabilidad, provocando que la consolidación se base en que tan rápido se expulsa agua y por consiguiente dependa del tiempo.

## 2.2 Bases teóricas

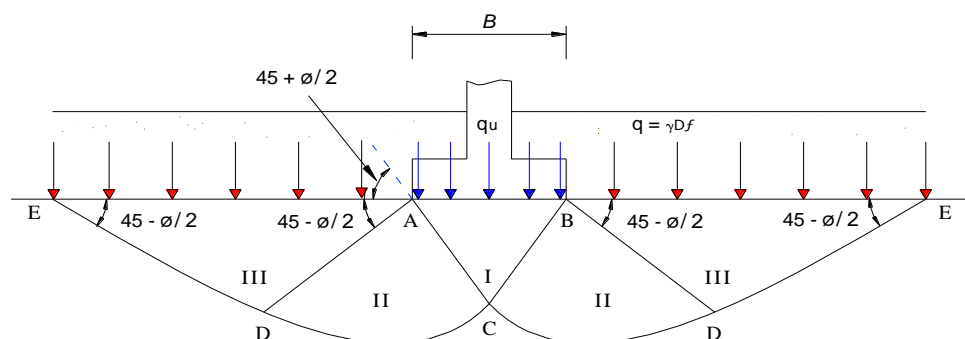
### 2.2.1 Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi

Inicialmente Karl Von Terzaghi sugirió que las cimentaciones superficiales poseen una profundidad menor o igual que el ancho de la misma, para luego presentar una teoría completa para este tipo de cimentaciones. Años más tarde sugirió otra teoría para cimentaciones corridas, además que en este tipo de cimentación la superficie de falla en el suelo, bajo carga última, puede suponerse similar a lo mostrado en la *Figura 4*. El efecto del suelo sobre el fondo de la cimentación puede también suponerse por una sobrecarga efectiva equivalente al producto del peso específico del suelo por la profundidad de cimentación. La zona de falla bajo la cimentación puede separarse en tres partes. (Terzaghi, 1955)

Zona I, es la que se encuentra inmediatamente debajo de la cimentación, tiene forma de cuña y no puede penetrar en el suelo a menos que la presión de los lados AC y BC alcance la presión pasiva del suelo adyacente.

Zona II, es una zona de falla denominada zona de corte radial, y las grandes deformaciones que presenta provocan un levantamiento de la zona III, la cual trata de resistir a dicho levantamiento con el peso del material de la misma.

La resistencia de la Zona III variara de acuerdo a su tamaño, con el peso volumétrico del material y con la resistencia al deslizamiento a lo largo de la parte inferior CDE de dicha zona, resistencia que es función del ángulo de fricción interna, de la cohesión y del peso del suelo. (Terzaghi, 1955)



Mecanismo de Falla de un cimiento continuo poco profundo según Terzaghi  
(Falla por Corte General)

*Figura 4.* Falla por capacidad de carga

Fuente: B. Das

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

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

Donde

$c$  = cohesión del suelo

$\gamma$  = peso específico del suelo

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

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

Tabla 1

*Factores de capacidad de carga de Terzaghi en falla general de suelos*

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	2.70	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Fuente: Kumbhojkar, 1993.

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

Cimentación cuadrada:

$$qu = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Cimentación circular:

$$qu = 1.3cN_c + qN_q + 0.3yBN_y$$

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

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

Cimentación corrida:

$$qu = \frac{2}{3}cN_c + qN_q + \frac{1}{2}yBN_y$$

Cimentación cuadrada:

$$qu = 0.867cN_c + qN_q + 0.4yBN_y$$

Cimentación circular:

$$qu = 0.867cN_c + qN_q + 0.3yBN_y$$

Tabla 2

*Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi en falla local de suelos*

$\phi$	Nc	Nq	Ny	$\phi$	Nc	Nq	Ny
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.01	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.00	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.06	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.07	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.13	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: Kumbhojkar, 1993.

### 2.2.2 Teoría de Meyerhof

Las ecuaciones presentadas anteriormente son únicamente para cimentaciones continuas, cuadradas y circulares. Estas no aplican a cimentaciones rectangulares pues no toman en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla. La teoría de Meyerhof se expresa en la siguiente ecuación general de capacidad de carga. (Meyerhof, 1963)

$$qu = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_y F_{ys} F_{yd} F_{yi}$$

Donde

c = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

Y = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación

(diámetro en una cimentación circular)

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

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

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

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

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

Forma:

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

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

$$F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Profundidad ( $D_f/B < 1$ ):

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$$

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

$$F_{yd} = 1$$

Profundidad ( $D_f/B > 1$ ):

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

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

$$F_{yd} = 1$$

Inclinación:

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

$$F_{yi} = \left( 1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$$

Donde  $\beta$  es el ángulo de inclinación de la carga,  $\phi$  es el ángulo de fricción del suelo,  $D_f$  es la profundidad de cimentación y  $B$  es el ancho de cimentación. (Meyerhof, 1963)

Tabla 3

*Factores de capacidad de carga modificados por Meyerhof en suelos*

$\phi$	Nc	Nq	Ny	$\phi$	Nc	Nq	Ny
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.10	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.93	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

Fuente: Vesic, 1973

### 2.2.3 Teoría de Hansen

Es una extensión anterior de la fórmula de Meyerhof; las extensiones consisten en la introducción de  $b_i$  que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor  $g_i$  para terreno en pendiente.

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación D/B, ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo, el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad. (Hansen, 1970)

Para valores de D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Para valores D/B >1:

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

### 2.2.4 Teoría de Vesic

La fórmula de Vesic es análoga a la fórmula de Hansen, con  $N_q$  y  $N_c$  como en la fórmula de Meyerhof y  $N_\gamma$  como se indica a continuación:

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan(\varphi)$$

Los factores de forma y de profundidad que aparecen en las fórmulas del cálculo de la capacidad portante son iguales a los propuestos por Hansen; en cambio se dan algunas diferencias en los factores de inclinación de la carga, del terreno (cimentación en talud) y del plano de cimentación (base inclinada). (Vesic, 1975)

### 2.2.5 Capacidad de carga según RNE E.050

La capacidad de carga ( $q_d$ ) es la presión última o de falla de corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelo a partir de parámetros determinados mediante los ensayos in situ o los ensayos de laboratorio. (E.050, 2018)



En suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limo-arcillosas), se emplea un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) igual a cero. (E.050, 2018)

$$q_d = S_c i_c c N_c$$

En suelos friccionantes (gravas, arenas y gravas-arenosas), se emplea una cohesión ( $c$ ) igual a cero. (E.050, 2018)

$$qu = i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 S_\gamma i_\gamma \gamma_2 B' N_\gamma$$

Para las ecuaciones indicadas se tiene:

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi')$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$S_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L}$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ} \right)^2$$

$c$ : cohesión del suelo ubicado bajo la zapata.

$i_q$ : coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la sobre carga

$i_\gamma$ : coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la fricción

$S_\gamma$ : coeficiente de corrección por la forma de la cimentación correspondiente a la fricción.

$\gamma_1$ : peso unitario volumétrico de suelo ubicado sobre el nivel de cimentación.

$\gamma_2$ : peso unitario volumétrico efectivo de suelo ubicado bajo el nivel de cimentación.

$N_q$ : coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la sobre carga

$N_\gamma$ : coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la fricción

$B'$ : ancho del "área efectiva"

$\alpha^\circ$ : ángulo en grados que hace la carga con la vertical.

## 2.2.6 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. (Braja M. Das, 2001)

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

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. (Braja M. Das, 2001)

$$q_{neta(u)} = q_u - q ; q_{neta(u)} = \text{capacidad de carga última neta}$$

Entonces la carga admisible neta se define:

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

Es un método más racional que el anterior. Debe evitarse este tipo de falla. El factor de seguridad (2 a 4) debe reflejar no sólo la incertidumbre en el análisis de capacidad portante, sino la observación teórica y práctica que el asentamiento no es excesivo. (Alva H.,2012)

### 2.2.7 Esfuerzo permisible transmitido

Se obtiene empíricamente al observar que la presión máxima no causa daño estructural en diferentes condiciones de suelos. Lo anterior no significa que no ocurrirán asentamientos. Esta presión admisible es válida para tamaños de cimentación y tipos de estructuras para las cuales las reglas prácticas se han establecido. Los valores son conservadores y es difícil averiguar en qué datos han sido basados. Las fallas registradas se atribuyen a mala clasificación de suelos, en vez de mala regla empírica. En muchos casos se verifica con ensayos de carga, que pueden no ser significativos. (Alva H.,2012)

### 2.2.8 Muestreo de suelos y rocas

Deben obtenerse muestras representativas de suelo o roca, de cada material que sea necesario para la investigación. El tamaño y tipo de la muestra requerida, depende de los ensayos que se vayan a efectuar. (EM, 2016).

Debe identificarse cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o calicata y con la profundidad a la cual fue tomada. Colóquese una identificación dentro del recipiente o bolsa, ciérrase en forma segura, protéjase del manejo rudo y márquese exteriormente con una identificación apropiada. Guárdense muestras para la determinación de la humedad natural en recipientes de cierre

hermético para evitar pérdidas de la misma. Cuando el secado de muestras puede afectar la clasificación y los resultados de los ensayos, las muestras deben ser protegidas para la pérdida de humedad. (EM, 2016)

Las muestras para ensayos de suelos y rocas deberán enviarse al laboratorio para los ensayos de clasificación física y mecánica respectiva, de acuerdo con las instrucciones del especialista geotécnico. (EM, 2016)

### **2.2.9 Suelos colapsables**

Son suelos que cambian violentamente de volumen por la acción combinada o individual de las siguientes acciones:

- a) Al ser sometidos a un incremento de carga
- b) Al humedecerse o saturarse

En los lugares donde se conozca o sea evidente la ocurrencia de hundimiento debido a la existencia de suelos colapsables, el profesional responsable incluye en su estudio de mecánica de suelo un análisis basado en la determinación de la plasticidad del suelo, del ensayo para determinar el peso volumétrico y del ensayo de humedad, con la finalidad de evaluar el potencial de colapso del suelo en función del Limite Líquido y de peso volumétrico seco.

Cuando el análisis indicado da como resultado que el suelo es potencialmente colapsable, el profesional responsable e debe verificar la existencia o no de la colapsabilidad mediante los resultados del ensayo Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos. (RNE E.050, 2018).

### **2.2.10 Ensayos de in situ y laboratorio**

#### **2.2.10.1 Densidad in situ (ASTM D – 1556-64)**

Este método es usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados a una densidad específica o a un porcentaje de densidad máxima determinada por un método de ensayo normado. (EM, 2016)

Este método puede ser usado para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar. Este método de ensayo se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg (38 mm). (EM, 2016)

### 2.2.10.2 Ensayos de Clasificación (ASTM D – 2487)

Este método de ensayo describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con propósito de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice de plástico y deberá ser utilizado cuando se requiera una clasificación precisa. (NTP 339.134)

Tabla 4

*Clasificación SUCS - Símbolos*

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
G	Grava	Pt	Turba y suelos altamente orgánico
S	Arena	H	Alta plasticidad
M	Limo	L	Baja plasticidad
C	Arcilla	W	Bien graduada
O	Limo orgánicos y arcillas	P	Mal graduada

Fuente: Norma técnica peruana 339.134 o ASTM D2487.

### 2.2.10.3 Contenido de humedad (ASTM D-2216)

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. (EM, 2016)

Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. (EM, 2016)

Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación. (EM, 2016)

$$W = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo secado al horno}} * 100\%$$

#### **2.2.10.4 Límite Líquido (ASTM D-4318)**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar de suelos. (EM, 2016)

#### **2.2.10.5 Límite Plástico (ASTM D-4318)**

Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, rodando dicha muestra entre la palma de la mano y una superficie lisa sin que dichas barritas se desmoronen. (EM, 2016)

#### **2.2.10.6 Índice Plástico (ASTM D-4318)**

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

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde

L.L. = Límite líquido

L.P. = Límite plástico

I.P. = Índice de plasticidad

Cuando el límite líquido o el límite plástico no pueden determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (No Plástico). (EM, 2016)

La Calificación de suelos según el Índice de Plasticidad se obtendrá mediante el siguiente cuadro.

Tabla 5

*Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad*

<b>Índice de plasticidad</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Característica</b>
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
7<IP≤20	Media	Suelos arcillosos
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP=0	No plastico (N.P.)	Suelos exentos de arcillas

fuelle: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, Sección suelos y pavimentos MTC-2013

#### **2.2.10.7 Granulometría (ASTM D-422)**

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

Para realizar el ensayo se requiere de: Tamices de malla cuadrada (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200)

El tamizado se procede pesar el material retenido en cada malla.

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

Con los valores obtenidos se realiza una curva granulométrica, además se calcula el coeficiente de curvatura y consistencia para su clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación Suelos. (EM, 2016)

### **2.2.11 Ensayo para Determinar Propiedades Mecánicas**

#### **2.2.11.1 Corte Directo (ASTM-3080)**

Es la forma más antigua y simple de arreglo de prueba de corte. En la *figura 5* se muestra un diagrama del aparato de prueba de corte directo. El equipo de prueba consiste en una caja de corte de metal en la que se coloca la muestra de suelo. La caja se divide horizontalmente en dos

mitades. La fuerza normal sobre la muestra se aplica desde la parte superior de la caja de corte. El esfuerzo normal sobre las muestras puede ser tan grande como 1000 kN/m<sup>2</sup>. La fuerza cortante se aplica moviendo una mitad de la caja con respecto a la otra para provocar una falla en la muestra de suelo. (Braja M. Das, 2013)

La ventaja de las pruebas de deformación controlada es que, en el caso de la arena densa, la resistencia máxima al corte (es decir, a la falla), así como la resistencia mínima al corte (esto es, en un punto después de la falla, denominado resistencia última). (Braja M. Das, 2013)

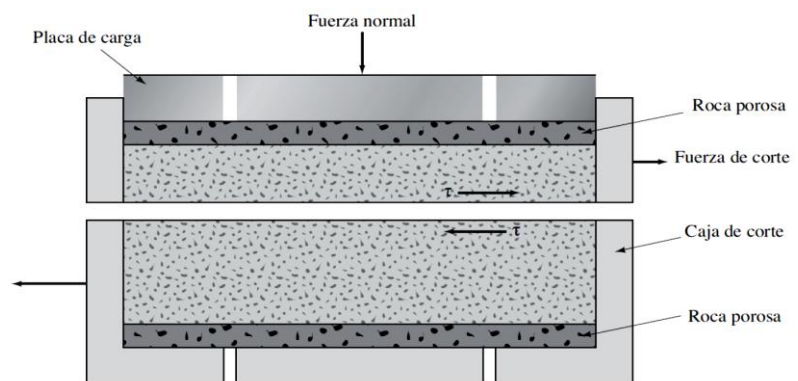


Figura 5. Diagrama de un arreglo de prueba de corte directo

Fuente: libro de fundamentos de ingeniería geotécnica

Elaboración: Braja M. Das

### 2.2.12 Capacidad de carga

La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos.

En suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limo-arcillosa), se empleará un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) igual a cero.

En suelos friccionantes (gravas, arenas y gravas-arenosas), se empleará una cohesión ( $c$ ) igual a cero. (RNE E.050, 2018)

### 2.2.13 Profundidad de cimentación

La profundidad de cimentación de zapatas y cimientos corridos, es la distancia desde el nivel de la superficie del terreno a la base de la cimentación, excepto en el caso de edificaciones con sótano, en que

la profundidad de cimentación estará referida al nivel del piso del sótano. En el caso de plateas o losas de cimentación la profundidad será la distancia del fondo de la losa a la superficie del terreno natural. (RNE E.050, 2018)

La profundidad de cimentación quedará definida por el profesional responsable y estará condicionada a cambios de volumen por humedecimiento-secado, deshielo o condiciones particulares de uso de la estructura, no debiendo ser menor de 0,80 m en el caso de zapatas y cimientos corridos. (RNE E.050, 2018)

#### 2.2.14 Cargas excéntricas

En el caso de cimentaciones superficiales que transmiten al terreno una carga vertical  $Q$  y dos momentos  $M_x$  y  $M_y$  que actúan simultáneamente según los ejes  $x$  e  $y$  respectivamente, el sistema formado por estas tres sollicitaciones será estáticamente equivalente a una carga vertical excéntrica de valor  $Q$ , ubicada en el punto  $(e_x, e_y)$  siendo:

$$e_x = \frac{M_x}{Q} \qquad e_y = \frac{M_y}{Q}$$

El lado de la cimentación, ancho ( $B$ ) o largo ( $L$ ), se corrige por excentricidad reduciéndolo en dos veces la excentricidad para ubicar la carga en el centro de gravedad del “área efectiva =  $B'L$ ”. (RNE E.050, 2018)

$$B' = B - 2e_x \qquad L' = L - 2e_y$$

El centro de gravedad del “área efectiva” debe coincidir con la posición de la carga excéntrica y debe seguir el contorno más próximo de la base real con la mayor precisión posible. Su forma debe ser rectangular. (RNE E.050, 2018)

#### 2.2.15 Cimentaciones superficiales

Es la relación que existe entre la presión de contacto entre el terreno y la cimentación.

La Norma E.060, indica que el valor de la presión admisible de la Resistencia del Terreno podría incrementarse en 30%, salvo indicación contraria en el estudio de suelos, para los estados de carga en que intervengan las fuerzas de sismo. También se menciona que



en caso de cimentarse en terrenos de baja capacidad portante y cuando se usan pilotes, en el caso de cimentar muros de albañilería, la conexión podría lograrse mediante cimientos o sobrecimiento armados.

### 2.2.16 Cimiento corrido

Se usa para soportar los muros portantes que pueden ser de ladrillos o concreto, su diseño es similar al caso de una zapata aislada.

En una zona no sísmica el momento "M" es pequeño y despreciable en este caso el cimiento corrido se puede diseñar para una porción del muro de longitud unitario  $L=1.00\text{m}$ .

En una zona sísmica el momento flector "M" siempre es un valor grande lo que significa que debe tomarse en cuenta en el proceso de diseño en este caso no se puede analizar una franja de  $1.00\text{m}$  es necesario tomar en cuenta el muro.

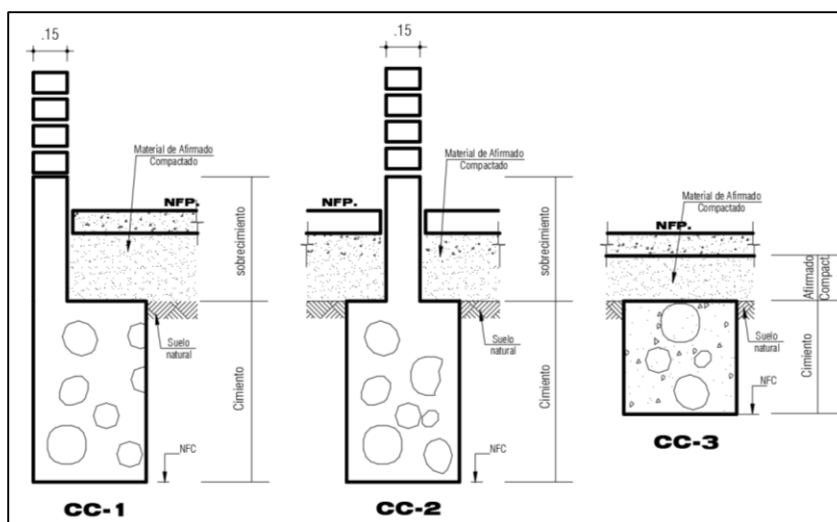


Figura 6. Detalle de cimentación corrida

Elaboración: Propia.

### 2.2.17 Zapata aislada

El diseño de zapata aislada depende estrictamente de la sollicitación y de la capacidad portante del terreno.

La carga axial "P" posee tres componentes que corresponde a la carga muerta, carga viva y carga de sismo. (PD, PL y Ps).

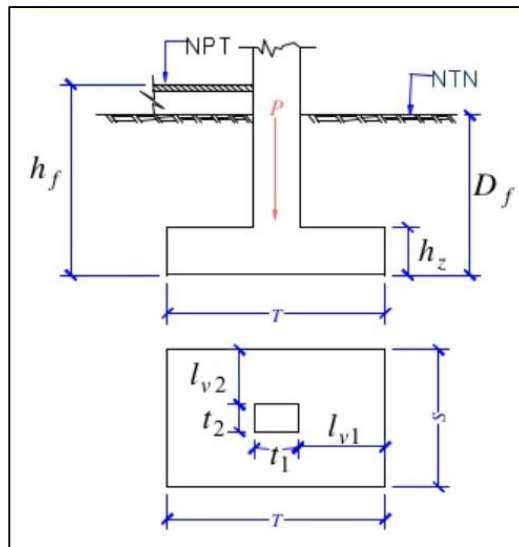


Figura 7. Detalle de zapata aislada

Fuente: libro de Diseño en concreto armado

Elaboración: ing. Roberto Morales.

### 2.2.18 Zapata combinada

En una edificación la primera etapa consiste en asumir que todas las zapatas son aisladas, bajo esta consideración se presenta superposición de zapatas o zapatas muy cercanas entre sí, cuando eso sucede esto se toma una sola zapata que una a todas las zapatas involucradas, a esta acción se denomina zapata combinada

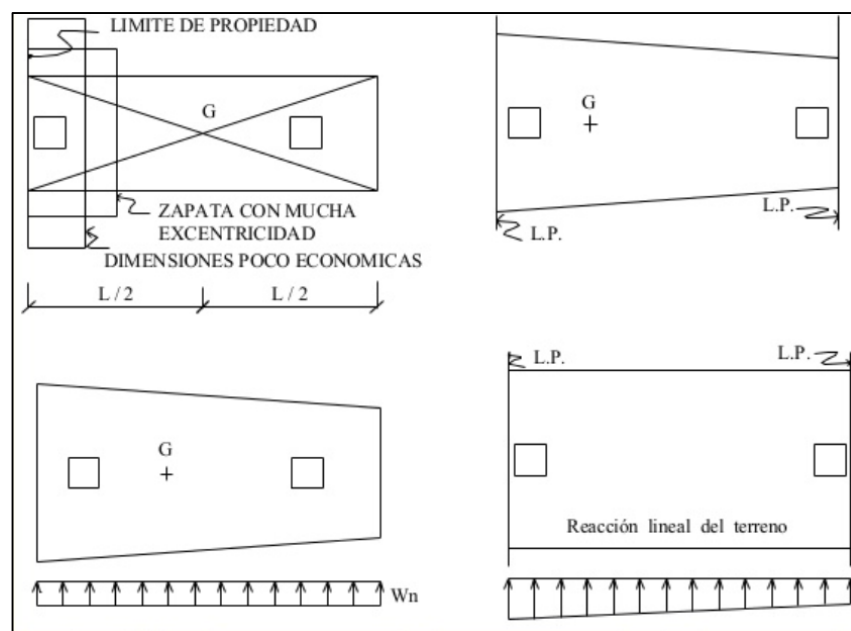


Figura 8. Detalle de zapata combinada

Fuente: libro de Diseño en concreto armado

Elaboración: ing. Roberto Morales.

## **2.3 Definición de términos**

### **2.3.1 Mecánica de Suelos**

“Conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objetivo estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

### **2.3.2 Calicatas**

“Son excavaciones de formas diversas que permiten una exploración directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento la calicatas o trincheras se realizan según NTP 339.162 (ASTM D 420)”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

### **2.3.3 Perfil Estratigráfico**

“Estratos de suelos con características tales que pueden ser representativos de otros iguales o similares en un terreno dado. Esto en el laboratorio se selecciona muestras típicas para ejecutar con ella ensayos de clasificación en todos los casos según al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS NTP 339.134 (ASTM D 2487)”. El Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

### **2.3.4 Presión Admisible del Suelo**

“Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos excesivos (mayores que el admisible)”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

### **2.3.5 Capacidad carga**

“Presión requerida para producir la falla del suelo por corte que sirve de apoyo a la cimentación (sin factor de seguridad)”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

### **2.3.6 Capacidad carga admisible**

“La capacidad admisible se obtendrá dividiendo la capacidad última por el factor de seguridad.” Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

### **2.3.7 Cimentación Superficial**

“Aquella en la cual la relación Profundidad/ ancho ( $D_f / B$ ) es menor o igual a 5, siendo  $D_f$  la profundidad de la cimentación y  $B$  en ancho o diámetro de la misma. Son las que no necesitan profundizar demasiado en el subsuelo para llegar al terreno que soporte el peso de la estructura”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

### **2.3.8 Albañilería o mampostería**

“Material estructural compuesto por «unidades de albañilería» asentadas con mortero o por «unidades de albañilería» apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.070 Albañilería.

### **2.3.9 Diseño de zapatas**

“Las zapatas de concreto simple estructural deben diseñarse para las cargas amplificadas y las reacciones inducidas, de acuerdo con los requisitos de diseño apropiados”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.060 Concreto armado.

### **2.3.10 Cimentación excéntrica**

“La cimentación excéntrica es una solución cuando la columna está en un límite de propiedad o cerca de dicho límite. Puede ser una solución económica si la excentricidad es moderada y la columna puede agrandarse lo suficiente para que tenga la rigidez necesaria para que controle la rotación de la zapata”. Diseño en Concreto Armado, ing. Roberto M.

### **2.3.11 Efecto de carga excéntrica**

“Las cimentaciones de columna exterior pueden estar sujetas a carga excéntrica. Si la excentricidad es grande, puede resultar esfuerzo de tracción sobre un lado de la cimentación. Es

recomendable dimensionar de manera que la carga está dentro del tercio central de manera de evitar esfuerzos de tracción en el suelo”.  
Diseño en Concreto Armado, ing. Roberto M.

#### **2.3.12 Carga**

“Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos”. Norma E.020 Cargas.

#### **2.3.13 Carga Muerta**

“Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo”. Norma E.020 Cargas.

#### **2.3.14 Carga Viva**

“Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación”.  
Norma E.020 Cargas

#### **2.3.15 Carga de servicio**

Carga viva más carga muerta, sin factores de ampliación.  
Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones.

#### **2.3.16 Concreto**

“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”.  
Norma E.060 Concreto Armado

#### **2.3.17 Concreto armado**

“Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, preesforzado o no”. Norma E.060 Concreto Armado

**2.3.18 Concreto simple**

“Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado”. Norma E.060 Concreto Armado

**2.3.19 Concreto ciclópeo**

“Es el concreto simple en cuya masa se incorporan piedras grandes”. Norma E.060 Concreto Armado

**2.3.20 Módulo de Elasticidad**

“Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material”. Norma E.060 Concreto Armado.

**2.3.21 Refuerzo corrugado**

“Barras de refuerzo corrugado, mallas de barras, alambre corrugado o refuerzo electrosoldado de alambre, que cumplan con 3.5.3”. Norma E.060 Concreto Armado

**2.3.22 Resistencia de diseño**

“Resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia  $\phi$  que corresponda”. Norma E.060 Concreto Armado

**2.3.23 Resistencia nominal**

“Resistencia de un elemento o una sección transversal calculada con las disposiciones e hipótesis del método de diseño por resistencia de esta Norma, antes de aplicar el factor de reducción de resistencia”. Norma E.060 Concreto Armado

**2.3.24 Resistencia requerida**

“Resistencia que un elemento o una sección transversal debe tener para resistir las cargas amplificadas o los momentos y fuerzas internas correspondientes combinadas según lo estipulado en esta Norma”. Norma E.060 Concreto Armado

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo y Nivel de la investigación**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

Es exploratorio, se caracteriza porque parten de una problemática en las viviendas, y se requiere hacer una evaluación del suelo donde se asentarán las futuras edificaciones. Dado que dicho estudio sigue los procedimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 (Norma de suelos y cimentaciones) y E.060 (Norma de concreto armado)

#### **3.1.2 Nivel de la investigación**

Es comprensivo, busca evaluar una problemática que viene aquejando a la sociedad al momento de asentar sus viviendas en suelos de alta peligrosidad sísmica; por lo que, se requiere proponer el tipo de cimentación adecuada para las viviendas en la zona de estudio.

### **3.2 Población y/o muestra de estudio**

#### **3.2.1 Población**

La población proyectada en la Asociación de Alto Santa Cruz del Sector VII del distrito del Alto de la Alianza, alcanza aproximadamente 450 habitantes en 90 viviendas y en un área de 5.92 hectáreas.

#### **3.2.2 Muestra**

Para la ejecución de calicatas y toma de muestras se tomaron en cuenta la Norma E.050 de suelos y cimentaciones, y el manual de ensayos de materiales (ME-2017)

La zona de estudio se encuentra ubicada en la zona VII del distrito del Alto de la Alianza, Asociación de Alto Santa Cruz





### 3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para el estudio de la zona se buscó bibliografía e investigaciones similares o relacionados al tema de investigación en el repositorio de las Universidades de la localidad y en instituciones públicas y privadas.

#### 3.4.1 Técnicas

##### 3.4.1.1 Técnica de campo

Para la determinación de número de puntos de exploración se tomó las indicaciones de la Norma E.050 Suelos y cimentaciones donde refiere que habilitaciones urbanas para viviendas unifamiliares se realizan 3 calicatas por cada hectárea de terreno por habilitar, la cual la Asociación Alto Santa Cruz del Sector VII del distrito Alto de la Alianza, tiene 5.92 hectáreas.

Tabla 6

*Número de puntos de exploración*

<b>Tipo de edificación u obra</b>	<b>Número de puntos de exploración</b>
I	Uno por cada 225 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
II	Uno por cada 450 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
III	Uno por cada 900 m <sup>2</sup> de área techada del primer piso
IV	Uno por cada 100 m <sup>2</sup> de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas.
Habilitación urbana para viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Fuente: NTP E.050 (2018)

Por consecuencia se realizaron 18 puntos de exploración (calicata) con nomenclatura de C-1 a C-18, donde cada una de las calicatas presenta su perfil estratigráfico. Ver anexo 2.

### 3.4.1.2 Técnica de laboratorio

Se han ejecutado ensayos físicos y mecánicos en laboratorio de mecánica de suelos bajo el criterio de las normas ASTM (American Society for Testing Materials) Asociación Americana para el Ensayo y Materiales y la Norma Técnica Peruana NTP.

Tabla 7

*Normas de referencia para ensayos de suelos en laboratorio.*

Ensayo	Uso	Norma de referencias				Propósito del ensayo
		MTC	AASHTO	ASTM	NTP	
Contenido de Humedad	Clasificación	E-108	T 265	D-2216	339.127	Determinar el contenido de humedad natural de suelos y agregados.
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	E-107	T 88	D-422	339.128	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite Líquido	Clasificación	E-110	T 89	D-4318	339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Límite Plástico	Clasificación	E-111	T 90	D-4318	339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Índice Plástico	Clasificación	E-111	T 90	D-4318	339.129	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Método de clasificación de suelos	Clasificación	--	--	D-2487	339.134	Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería
Densidad in situ	Clasificación	E-117	T 191	D-1556	339.143	Determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena
Corte directo	Especial	E-123	T 236	D-3080	339.170	Determinar la resistencia al corte de una muestra consolidada y drenada, que nos permita obtener la cohesión y ángulo de fricción interna del suelo.

Fuente: NTP E.050 (2018)

### 3.4.1.3 Técnica de gabinete

Para el proyecto descrito, el trabajo de gabinete consistió en el procesamiento de la data obtenida de los trabajos de campo, de los ensayos in situ y de los ensayos de laboratorio.

Se confeccionaron cuadros resúmenes de resultados y diseño de cimentación de una vivienda unifamiliar. Los trabajos también incluyeron la elaboración digital de los perfiles litológicos de las calicatas, elaboración de planos de ubicación, planos de ubicación de calicatas, plano de arquitectura y plano de cimentación.

### 3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para el estudio de suelos y diseño de cimentación de vivienda unifamiliar son los siguientes:

#### En Campo:

GPS, cámara fotográfica, equipos de ensayos in situ y Cono de Densidad.

#### En Laboratorio:

Los equipos para ensayos básicos de mecánica de suelos tales como: Set de Tamices, Copa de Casagrande, materiales de vidrio, balanza, horno, Recipientes y accesorios.

Equipo para ensayos especiales tal como: equipo para corte directo y accesorios

#### En Gabinete:

Material de escritorio, impresora, laptop y los siguientes softwares fueron utilizados en dicho estudio:

- AutoCAD 2017: herramienta de dibujo digital.
- Excel 2016: hoja de cálculo.
- Etabs 2017: herramienta para el análisis estructural.
- Safe v.16: herramienta para el diseño de cimentaciones.
- Loadcap: herramienta para el cálculo de la carga última.
- Mathcad 5.0: herramienta para matemáticas de ingeniería.
- Arcgis 10.5: herramienta para llevar a cabo la interpolación.

### 3.5 Procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1 Procesamiento y análisis de Campo

La fase de campo se inició con el reconocimiento del terreno y la posterior ubicación de los puntos donde se realizarían las excavaciones. Se han ejecutado un total de 18 calicatas y 15 densidad in situ, los cuales fueron distribuidos en las 2 áreas comprometidos del proyecto (Margen izquierdo y derecho de la carretera Tacna – Tarata, km 5) ubicados en la Asociación de vivienda Alto Santa Cruz del distrito Alto de la Alianza, en el cerro Intiorko en la ciudad de Tacna.

La profundidad de estudio varía entre 0.80 a 3,00 metros y 1,20 metros de diámetro, aproximadamente, además se han descrito su litología a detalle. Ver anexo 2.

Los detalles de las calicatas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8

*Ubicación de calicatas exploradas para el Proyecto.*

CALICATA	COORDENADAS UTM WGS-84		PROF. CALICATA (metros)
	ESTE	NORTE	
C-01	366841	8010826	2.60
C-02	366910	8010766	2.80
C-03	366886	8010691	1.20
C-04	366781	8010758	2.40
C-05A	366627	8010655	3.00
C-06	366841	8010694	2.40
C-07	366748	8010656	2.20
C-08	366819	8010619	2.80
C-09	366746	8010556	2.40
C-10	366640	8010607	1.60
C-11	366687	8010637	1.80
C-12	366659	8010675	3.00
C-13	366585	8010609	0.80
C-14	366587	8010690	0.80
C-15	366600	8010722	Relleno Sanitario.
C-16	366542	8010760	0.80
C-17	366512	8010670	Relleno Sanitario
C-18	366444	8010636	Relleno Sanitario

Elaboración: Propia.

### 3.5.2 Procesamiento y análisis de Laboratorio

Los ensayos realizados para cada una de las muestras extraídas, fueron los siguientes:

- (15) Densidad in situ – ASTM – D-1556
- (15) Contenido de Humedad – ASTM – D-2216
- (15) Análisis Granulométrico – ASTM-D-422
- (15) Límites de Atterberg – ASTM – D-4318
- (15) Corte Directo con muestra remoldeada ASTM –D-3080

Estos ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimento de la Universidad Privada de Tacna.

No pudo obtenerse muestras inalteradas y realizar ensayos en 03 calicatas (C-15, C-16 y C-17) debido que solo presentaba relleno sanitario hasta una profundidad de 3.00 m.

### 3.5.3 Procesamiento y análisis de Gabinete

Se analizaron e interpretaron los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los materiales muestreados de las calicatas. Se clasificaron los suelos según el sistema de clasificación de SUCS (ASTM D – 2487), los resultados obtenidos se encuentran en el cuadro resumen. Ver anexo 3.

Se calculó la capacidad admisible de los suelos a profundidades de 1.50 m. y 2.00 m. Los datos de diseño de cimentación, fueron procesados en el software especializado “LOADCAP DE GEOESTRU” donde se obtuvo la capacidad de carga admisible con los métodos **Terzaghi, Meyerhof, Hansen y Vesic**, como también se desarrolló la capacidad de carga propuesta por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 (2018) y con los resultados más críticos de cada calicata se elaboró mapas de isovalores de capacidad admisible a una profundidad de 1.50 m y 2.00 m. Ver anexo 14.

Se realizó el diseño de cimentación para una vivienda unifamiliar con la capacidad admisible más crítica de todos los resultados. Esta etapa consistió en el modelamiento de la vivienda unifamiliar mediante software ETABS 2017 y SAFE v.16, la cual se realizó su análisis sísmico y fue desarrollado siguiendo los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.060. Ver anexo 11.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Ensayos de laboratorio

#### 4.1.1 Densidad in situ

Se realizó el ensayo de Densidad in situ en los sectores que comprometen la zona de estudio. Ver anexo 4.

Se detallan los resultados la siguiente tabla:

Tabla 9

*Resultados del ensayo de Densidad in situ.*

Calicata	Estrato	Prof. Calicata (Metros)	Prof. Estrato (Metros)	Densidades gr/cm <sup>3</sup>	
				D. Suelo Hum. (gr/cm <sup>3</sup> )	D. Seca En Campo (gr/cm <sup>3</sup> )
C-01	E-02	2.60	0.60 - 2.20	1.522	1.502
C-02	E-02	2.80	0.80 - 2.40	1.531	1.510
C-03	E-02	1.20	0.50 - 0.90	1.527	1.503
C-04	E-02	2.40	0.20 - 2.20	1.523	1.506
C-05A	E-01	3.00	0.60 - 3.00	1.509	1.505
C-06	E-02	2.40	0.20 - 2.10	1.535	1.511
C-07	E-02	2.20	0.20 - 1.80	1.542	1.511
C-08	E-02	2.80	0.90 - 2.40	1.550	1.520
C-09	E-02	2.40	0.60 - 2.00	1.545	1.545
C-10	E-02	1.60	0.20 - 1.20	1.543	1.516
C-11	E-02	1.80	0.30 - 1.40	1.551	1.518
C-12	E-01	3.00	1.00 - 3.00	1.536	1.521
C-13	E-02	0.80	0.00 - 0.30	1.562	1.533
C-14	E-02	0.80	0.20 - 0.60	1.576	1.552
C-16	E-02	0.80	0.20 - 0.60	1.561	1.537

Elaboración: Propia.

#### 4.1.2 Contenido de humedad

En las calicatas se determinó el contenido de humedad a partir de una muestra extraída en una zona representativa de la misma. Ver anexo 5.

Los resultados fueron las siguientes:

Tabla 10

*Resultados del ensayos de Humedad Natural.*

<b>Calicata</b>	<b>Humedad Natural (%)</b>
C-01	1.36
C-02	1.39
C-03	1.59
C-04	1.09
C-05A	0.26
C-06	1.57
C-07	2.07
C-08	2.00
C-09	0.83
C-10	1.82
C-11	2.20
C-12	0.96
C-13	1.92
C-14	1.52
C-16	1.55

Elaboración: Propia.

**4.1.3 Límite de Atterberg**

De las muestras analizadas se obtuvo un Límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP). Ver anexo 7.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11

*Resultados del ensayos de Limite de Atterberg*

<b>Calicata</b>	<b>Límites de Consistencia %</b>		
	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
C-01	N.P.	N.P.	N.P.
C-02	N.P.	N.P.	N.P.
C-03	N.P.	N.P.	N.P.
C-04	N.P.	N.P.	N.P.
C-05A	24.87	N.P.	N.P.
C-06	N.P.	N.P.	N.P.
C-07	N.P.	N.P.	N.P.
C-08	N.P.	N.P.	N.P.
C-09	N.P.	N.P.	N.P.
C-10	N.P.	N.P.	N.P.
C-11	N.P.	N.P.	N.P.

C-12	22.91	N.P.	N.P.
C-13	33.39	N.P.	N.P.
C-14	25.97	N.P.	N.P.
C-16	26.63	N.P.	N.P.

\*NP: No Presenta

Elaboración: Propia.

#### 4.1.4 Corte directo

Se realizó el ensayo de corte directo obteniendo como resultado la cohesión, y el ángulo de fricción. Ver anexo 8.

En la siguiente tabla se detallan los resultados:

Tabla 12

*Resultado del ensayo de Corte Directo.*

Calicata	Prof. Estrato (m)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Angulo De Fricción (°)
C-01	0.60 - 2.20	0.008	32.22
C-02	0.80 - 2.40	0.005	29.09
C-03	0.50 - 0.90	0.003	29.04
C-04	0.20 - 2.20	0.006	29.38
C-05A	0.60 - 3.00	0.008	28.37
C-06	0.20 - 2.10	0.033	30.74
C-07	0.20 - 1.80	0.003	32.43
C-08	0.90 - 2.40	0.077	32.07
C-09	0.60 - 2.00	0.013	31.70
C-10	0.20 - 1.20	0.029	32.53
C-11	0.30 - 1.40	0.020	30.92
C-12	1.00 - 3.00	0.045	29.86
C-13	0.00 - 0.30	0.089	28.48
	0.30 - 0.80	0.270*	33.00*
C-14	0.20 - 0.60	0.012	29.24
	0.60 - 0.80	0.270*	33.00*
C-16	0.20 - 0.60	0.020	28.87
	0.60 - 0.80	0.270*	33.00*

\*Dato referencial de la Tesis de Maestría del ing. Cabrera, F.

Elaboración: Propia.



#### 4.1.5 Clasificación de suelos según sistema SUCS

Se clasificaron los suelos según el sistema de clasificación de SUCS (ASTM D – 2487). Ver anexo 3.

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 13

*Resultado de Clasificación de Suelos.*

Calicata	Estrato	Granulometría					S.U.C.S.
		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Cu	Cc	
C-01	E-02	31.12	65.38	3.50	10.38	0.84	SP
C-02	E-02	15.08	73.92	11.00	-	-	SP-SM
C-03	E-02	27.76	61.58	10.66	-	-	SP-SM
C-04	E-02	16.35	81.71	1.94	4.91	0.93	SP
C-05A	E-01	0.78	76.26	22.96	-	-	SM
C-06	E-02	19.04	77.01	3.95	6.27	1.00	SW
C-07	E-02	13.27	79.67	7.06	10.34	1.49	SW-SM
C-08	E-02	17.71	77.20	5.09	11.34	1.16	SW-SM
C-09	E-02	3.82	84.87	11.31	-	-	SP-SM
C-10	E-02	16.16	74.57	9.27	5.57	1.07	SP-SM
C-11	E-02	17.32	72.43	10.25	-	-	SP-SM
C-12	E-01	4.99	60.16	34.85	-	-	SM
C-13	E-02	27.82	40.61	31.57	-	-	SM
	E-01	-	-	-	-	-	**RX
C-14	E-02	19.38	68.29	12.33	-	-	SM
	E-01	-	-	-	-	-	**RX
C-15	E-01	-	-	-	-	-	*Pt
C-16	E-02	22.77	58.25	18.98	-	-	SM
	E-01	-	-	-	-	-	**RX
C-17	E-01	-	-	-	-	-	*Pt
C-18	E-01	-	-	-	-	-	*Pt

\*Pt: Relleno Sanitario

\*\*RX: Roca

Cc: Coeficiente de curvatura

Cu: Coeficiente de uniformidad

Elaboración: Propia.

## 4.2 Suelos Colapsables

De las muestras analizadas se evaluó el potencial de colapso del suelo en función del Límite líquido (%) y densidad natural seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).

Tabla 14

*Parámetros para la relación entre los colapsables y no colapsables*

Calicata	LL (%)	D. Seca En Campo ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
C-01	N.P.	1.502
C-02	N.P.	1.510
C-03	N.P.	1.503
C-04	N.P.	1.506
C-05A	24.87	1.505
C-06	N.P.	1.511
C-07	N.P.	1.511
C-08	N.P.	1.520
C-09	N.P.	1.545
C-10	N.P.	1.516
C-11	N.P.	1.518
C-12	22.91	1.521
C-13	33.39	1.533
C-14	25.97	1.552
C-16	26.63	1.537

\*NP: No Presenta

Elaboración: Propia.

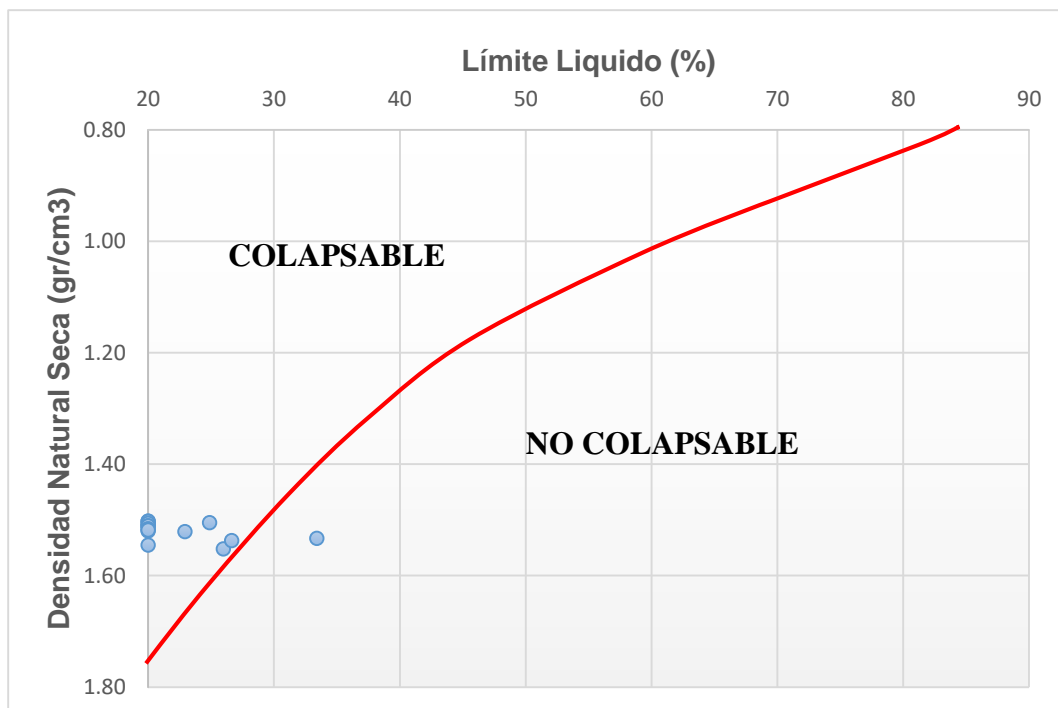


Figura 10. Criterios del potencial de colapso

Fuente: RNE E.050 (2018)

Elaboración: Propia.

### 4.3 Determinación de capacidad admisible

De acuerdo a los resultados de mecánica de suelos y parámetros de resistencia presentados en los cuadros resumen, se ha procedido a calcular la capacidad de carga admisible de cada calicata ejecutada, asumiendo un tipo de cimentación cuadrada y una misma profundidad de desplante:

$$B = 1.20 \text{ m.}$$

$$L = 1.20 \text{ m.}$$

$$D_f = 1.50 \text{ m. y } 2.00 \text{ m}$$

$$\gamma = \text{Densidad natural de acuerdo al ensayo de cono de arena.}$$

$$\phi = \text{Angulo de fricción efectivo de acuerdo a ensayos de resistencia.}$$

Se utilizó un factor de seguridad 3.5, para el respectivo cálculo de la capacidad de carga admisible. Ver anexo 9.

Los resultados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 15

*Resumen de resultados de capacidad admisible a 1.50 m.*

CALICATA	Df (m)	CAPACIDAD ADMISIBLE (Kg/cm <sup>2</sup> )				Método según E.050
		Método VESIC	Método MEYERHOF	Método TERZAGHI	Método HANSEN	
C-01	1.50	2.97	2.74	2.02	2.85	2.08
C-02	1.50	2.06	1.83	1.42	1.97	1.50
C-03	1.50	2.81	2.61	1.96	2.69	2.30
C-04	1.50	1.99	1.79	1.39	1.91	1.54
C-05A	1.50	1.92	1.70	1.33	1.85	1.39
C-06	1.50	2.37	2.17	1.64	2.27	1.78
C-07	1.50	2.93	2.73	2.01	2.81	2.14
C-08	1.50	3.02	2.78	2.06	2.90	2.07
C-09	1.50	2.91	2.66	1.98	2.79	2.02
C-10	1.50	3.40	3.28	2.38	3.24	2.85
C-11	1.50	3.35	3.23	2.34	3.18	2.43
C-12	1.50	2.44	2.17	1.67	2.35	1.64
C-13	1.50	4.31	4.10	2.98	4.13	3.21
C-14	1.50	4.06	3.90	2.83	3.87	3.21
C-16	1.50	4.01	3.86	2.80	3.83	3.21

Elaboración: Propia.

Tabla 16

Resumen de resultados de capacidad admisible a 2.00 m.

CALICATA	Df (m)	CAPACIDAD ADMISIBLE (Kg/cm <sup>2</sup> )				Método según E.050
		Método VESIC	Método MEYERHOF	Método TERZAGHI	Método HANSEN	
C-01	2.00	3.88	3.59	2.52	3.76	2.59
C-02	2.00	2.68	2.40	1.77	2.60	1.86
C-03	2.00	3.79	3.50	2.50	3.67	2.86
C-04	2.00	2.64	2.38	1.74	2.56	1.91
C-05A	2.00	2.50	2.21	1.65	2.42	1.72
C-06	2.00	3.13	2.86	2.06	3.03	2.22
C-07	2.00	4.35	4.19	2.89	4.19	3.33
C-08	2.00	3.92	3.62	2.55	3.81	2.58
C-09	2.00	4.55	4.35	3.01	4.39	2.63
C-10	2.00	4.64	4.43	3.06	4.48	3.55
C-11	2.00	4.59	4.38	3.03	4.43	3.55
C-12	2.00	3.14	2.81	2.05	3.05	2.03
C-13	2.00	5.72	5.41	3.75	5.54	4.00
C-14	2.00	5.46	5.20	3.60	5.28	4.00
C-16	2.00	5.42	5.16	3.57	5.23	4.00

Elaboración: Propia.

Las capacidades de carga admisibles fueron procesadas con el software especializado "LOADCAP DE GEOESTRU" donde utiliza métodos analíticos tales como: **Vesic, Terzagui, Hansen y Meyerhof**, y también se desarrolló por el método propuesto del Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.050, 2018)

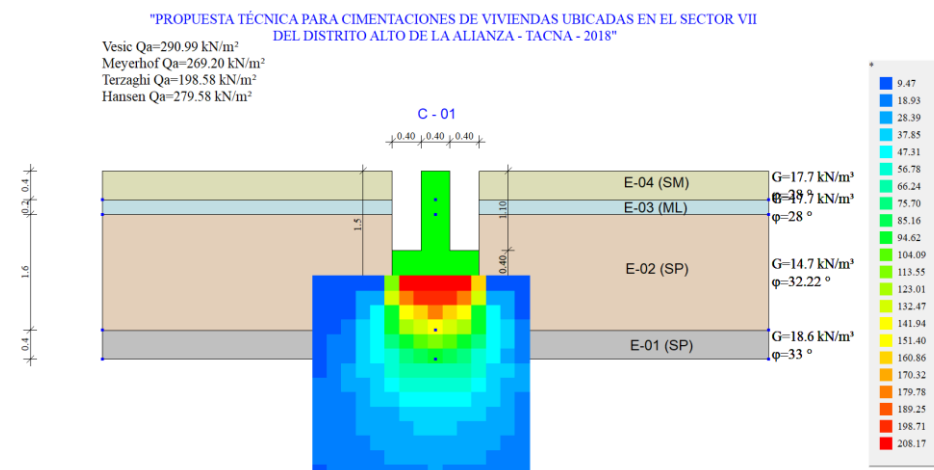


Figura 11. Análisis del programa LOADCAP

Fuente: LoadCap.

Elaboración: Propia.

#### 4.4 Creación de mapa de isovalores de capacidad admisible

Para la creación de los mapas de isovalores de capacidad admisible se utilizó las capacidades de cargas admisibles menores a profundidad de 1.50 m. y 2.00 m. de cada calicata. como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 17

*Resumen de resultados de capacidad admisible conservador*

CALICATA	CAPACIDAD ADMISIBLE	
	(Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Df= 1.50 m	Df= 2.00 m
C-01	2.02	2.52
C-02	1.42	1.77
C-03	1.96	2.50
C-04	1.39	1.74
C-05A	1.33	1.65
C-06	1.64	2.06
C-07	2.01	2.89
C-08	2.06	2.55
C-09	1.98	2.63
C-10	2.38	3.06
C-11	2.34	3.03
C-12	1.64	2.03
C-13	2.98	3.75
C-14	2.83	3.60
C-16	2.80	3.57

Elaboración: Propia.

Obteniendo los valores de capacidad admisible (isovalores) se utiliza la técnica de interpolación, que al unir los puntos generan unas curvas que representa valores de características similares. Ver anexo 14.

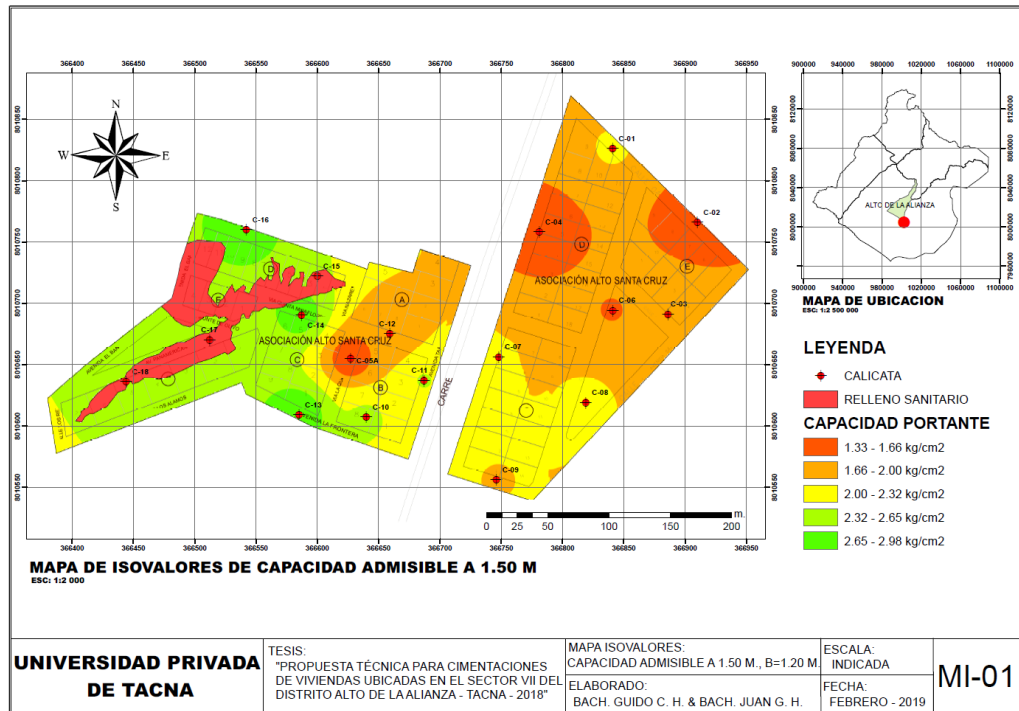


Figura 12. Mapa de isovalores de capacidad admisible 1.50 m.

Elaboración: Propia.

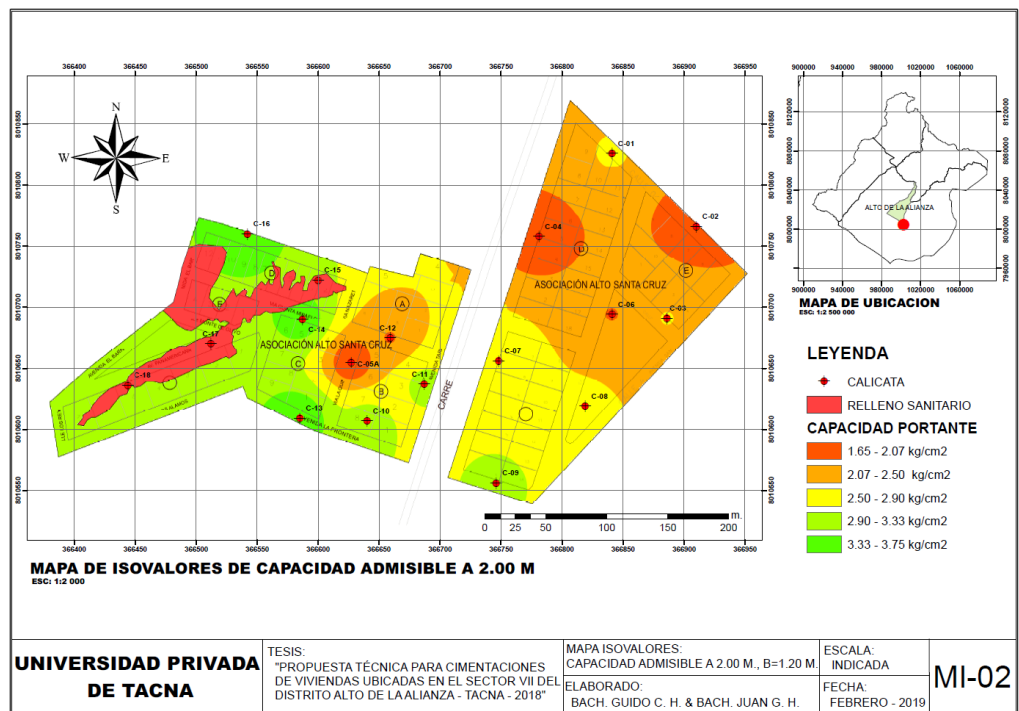


Figura 13. Mapa de isovalores de capacidad admisible 2.00 m.

Elaboración: Propia.

## 4.5 Predimensionamiento

Se realizó el predimensionamiento de los elementos estructurales de una vivienda unifamiliar de 2 pisos.

### 4.5.1 Losa aligerada

Para el dimensionamiento de los espesores se consideró los espesores típicos y luces máximas usadas en nuestro medio, aplicables a losas aligeradas en una dirección:

Tabla 18

*Espesores típicos y luces máximas recomendadas para losa aligerada.*

h(m)	Luces máximas recomendadas (m)
0.17	$l_n \leq 4$
0.20	$4 \leq l_n \leq 5.5$
0.25	$5 \leq l_n \leq 6.5$
0.30	$6 \leq l_n \leq 7.5$

Elaboración: Blanco,1994.

Para el dimensionamiento de nuestra losa, se consideró los siguientes datos:

Luz máxima : 3.48 m

Tipo de losa : Aligerada

F'c : 210.00 Kg/cm<sup>2</sup>

Fy : 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

$$h = \frac{3.48 \text{ m}}{25} = 0.139\text{m} \cong \mathbf{0.20 \text{ m}}$$

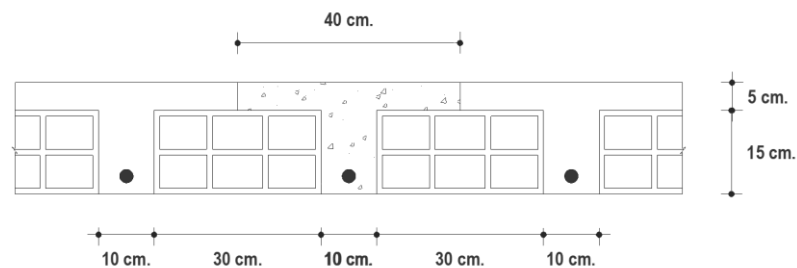


Figura 14. Detalle típico de losa aligerada e=20 cm.

Elaboración: Propia.

Para nuestro diseño se consideró un espesor de 0.20 m

### 4.5.2 Losa maciza

Para predimensionamiento del espesor (h) de las losas maciza, se considera mediante la siguiente tabla

Tabla 19

*Espesores típicos y luces máximas recomendadas para losa maciza*

<b>h(m)</b>	<b>Luces máximas recomendadas (m)</b>
0.12-0.13	$l_n \leq 4$
0.15	$l_n \leq 5.5$
0.20	$l_n \leq 6.5$
0.25	$l_n \leq 7.5$

Elaboración: Blanco,1994.

Para nuestro diseño se consideró un espesor de 0.15 m

### 4.5.3 Viga

#### 4.5.3.1 Viga principal

- Viga Principal – Altura

$$h = \frac{l}{12} \text{ o } \frac{l}{10}$$

Calculo:

$$h = \frac{4.98}{12} = 0.41 \text{ m}$$

$$h \approx 0.40 \text{ m}$$

- Viga Principal – Base

$$b = 0.3(h) \text{ o } 0.5(h)$$

Calculo:

$$b = 0.5 * 0.40 = 0.20 \text{ m}$$

$$b \approx 0.25 \text{ m (Ancho mínimo)}$$

Entonces la sección de la viga principal será **0.25 m x 0.40m**

#### 4.5.3.2 Viga secundaria

- Viga Secundaria Chata - Altura

$$h = 0.20 \text{ m}$$

- Viga Secundaria Chata - base

$$b = 0.30 \text{ m}$$

Entonces la sección de la viga secundario será **0.30 m x 0.20m**.

### 4.5.4 Columna

el esfuerzo axial máximo en la sección de la columna sea igual o menor a  $0.45 f'c$ .



**COLUMNA ENTRE 4-4/C-C****Primer piso****CARGA MUERTA**

Peso de la Viga Secundaria	$2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.30\text{m} \times 0.20\text{m} \times 2.06 \text{ m}$	=	296.64 Kg
Peso de la Viga Principal	$2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.25\text{m} \times 0.40\text{m} \times 4.00 \text{ m}$	=	960.00 Kg
Peso de Columna	$2400 \text{ Kg/m}^2 \times 0.25\text{m} \times 0.25 \text{ m} \times 2.60\text{m}$	=	390.00 Kg
Peso de losa Aligerada	$300 \text{ Kg/m}^2 \times 2.06 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$	=	2472.0 Kg
Peso de piso terminado	$100 \text{ Kg/m}^2 \times 2.06 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$	=	824.00 Kg
Peso de tabiquería	$100 \text{ Kg/m}^2 \times 2.06 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$	=	<u>824.00 Kg</u>
	<b>Carga Muerta</b>		5766.64 Kg

**CARGA VIVA**

Sobre carga de servicio vivienda	$200 \text{ Kg/m}^2 \times 2.06 \text{ m} \times 4.00 \text{ m} =$	<u>1648.00 Kg</u>
	<b>Carga Viva</b>	1648.00 Kg

**Segundo piso****CARGA MUERTA**

Peso de la Viga Secundaria	$2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.30\text{m} \times 0.20\text{m} \times 2.06 \text{ m}$	=	296.64 Kg
Peso de la Viga Principal	$2400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.25\text{m} \times 0.40\text{m} \times 4.00 \text{ m}$	=	960.00 Kg
Peso de Columna	$2400 \text{ Kg/m}^2 \times 0.25\text{m} \times 0.25 \text{ m} \times 2.60\text{m}$	=	390.00 Kg
Peso de losa Aligerada	$300 \text{ Kg/m}^2 \times 2.06 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$	=	<u>2472.0 Kg</u>
	<b>Carga Muerta</b>		4118.00 Kg

**CARGA VIVA**

Sobre carga de servicio vivienda	$100 \text{ Kg/m}^2 \times 2.06 \text{ m} \times 4.00 \text{ m} =$	<u>824.00 Kg</u>
	<b>Carga Viva</b>	824.00 Kg

Determinamos la carga última:

$$P_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$P_u = 1.4 (5766.64 \text{ Kg} + 4118.00 \text{ Kg}) + 1.7 (1648.00 \text{ Kg} + 824.00 \text{ Kg})$$

$$P_u = 18040.90 \text{ Kg}$$

$$A_g = \frac{P_u}{0.45 \times f'_c} = \frac{18040.90}{0.45 \times 210} = 190.91 \text{ cm}^2$$

Para columna de 25x25cm:  $625 \text{ cm}^2 > 190.91 \text{ cm}^2$

Entonces la sección de la columna será **0.25x0.25m**

**4.5.5 Resumen**

- Losa Aligerada : e = 0.20 m
- Losa maciza : e = 0.15 m
- Viga Principal : 0.25 x 0.40 m

- Viga Secundaria : 0.30 x 0.20 m
- Columna : 0.25 x 0.25 m

## 4.6 Memoria descriptiva

### 4.6.1 Generalidades

El proyecto contempla la Construcción de una VIVIENDA UNIFAMILIAR. Teniendo en cuenta el estudio de suelos e inspección del terreno en forma conveniente.

Los datos generales de ubicación son:

Zona : Asoc. Alto Santa Cruz  
 Distrito : Alto de la Alianza  
 Provincia : Tacna  
 Departamento : Tacna

Para el cálculo de los esfuerzos actuantes se ha utilizado el programa ETABS 2017, para el diseño de cimentación se ha utilizado el programa SAFE v.16 y para el diseño específico de los elementos estructurales se ha seguido lo indicado en las Normas Vigentes E.060.

### 4.6.2 Método de diseño

Para el diseño de edificaciones se consideró la Norma E.030 y la Norma E.020. Para el diseño de los elementos de albañilería se ha considerado la Norma E.070.

Los elementos de concreto armado se diseñaron por el método de Diseño por Resistencia. Lo que se pretende es proporcionar a los elementos una resistencia adecuada según norma NTE. E.060, utilizando factores de carga y factores de reducción de resistencia.

Primero se obtienen de un metrado las cargas de servicio las cuales se amplifican mediante los llamados factores de carga mediante las siguientes combinaciones de carga:

#### 4.6.2.1 Combinaciones de carga

$$U = 1.40 \text{ CM} + 1.70 \text{ CV}$$

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) + 1.00 \text{ CS}$$

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) - 1.00 \text{ CS}$$

$$U = 0.90 \text{ CM} + 1.00 \text{ CS}$$

$$U = 0.90 \text{ CM} - 1.00 \text{ CS}$$

En donde:

$$U = \text{Resistencia Requerida o Resistencia Ultima}$$

CM = carga muerta de diseño

CV = carga viva

CS = carga de sismo

Estas combinaciones se encuentran especificadas en la Norma Técnica de Edificaciones E.060 CONCRETO ARMADO de esta forma se está analizando la estructura.

#### 4.6.3 Factor de resistencia

La resistencia de diseño proporcionada por un elemento deberá tomarse como la resistencia nominal multiplicada por un factor  $\phi$  de reducción de resistencia, según el tipo de sollicitación a la que esté sometido el elemento.

Estos factores de reducción de resistencia se indican en la N.T.E. E.060

Flexión	: 0.90
Cortante	: 0.85
Flexo Compresión	: 0.70

#### 4.6.4 Fuerza sísmica

Conforme indica la Norma E.030 para el caso de viviendas y de acuerdo al sistema estructural se tiene que para la fuerza sísmica se aplica la fórmula (análisis estático):

$$V = ZUCS(P) / R$$

Donde Z = Factor de Zona

U = Coeficiente según tipo de edificación

C = Factor de amplificación sísmica

R = Coeficiente de reducción

P = Peso de la edificación

El Análisis Sísmico Estático empleado en este trabajo está basado en el método espectral considerado en la Norma E.030.

#### 4.6.5 Esfuerzos límites para concretos armados

Se ha considerado una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kg/cm<sup>2</sup> para el diseño en concreto, el módulo de elasticidad  $E = 15000x\sqrt{f'c}$  es de 217371 kg/cm<sup>2</sup>.

Para el caso de los elementos de cimentación (zapatas) se ha tenido en cuenta el control de los valores de área requerida, peralte definido por esfuerzos límites de flexión y corte o punzonamiento.

El refuerzo será del tipo corrugado Grado 60 con un  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$  (límite de fluencia) Módulo de Young =  $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ , construido bajo la Norma ASTM A615.

## **4.7 Análisis sísmico**

### **4.7.1 Introducción**

La concepción estructural del presente edificio destinado a una vivienda unifamiliar, se realizó con la finalidad de que los esfuerzos a los que se verán sometidos los diferentes elementos estructurales del mismo, cumplan con los parámetros de la Norma de Concreto Armado (E.060). También, se buscó dotarlo de suficiente rigidez lateral, de tal modo que los desplazamientos laterales del edificio, fueran menores que los máximos permitidos por la Norma de Diseño Sismorresistente (E.030).

Se busca que la estructura sea uniforme y continua, tanto en elevación como en planta, ya que, al mantenerse uniforme, se evitan los cambios bruscos de rigidez, que es causada de las concentraciones de esfuerzos y también que la edificación resista sin daños los sismos leves.

### **4.7.2 Modelo estructural**

#### **4.7.2.1 Modelo de la Superestructura:**

La estructura del edificio de acuerdo a los planos, cuenta con un sistema estructural de Muros portantes conformado por Columnas rectangulares de 40x15 cm, y columnas cuadradas de 25x25 cm.

Se ha considerado en el modelo estructural los muros de albañilería en los ejes A, D y 1 para proporcionar mayor rigidez lateral a la estructura.

La estructura cuenta con vigas principales de 25x40 cm, viga secundaria de 30x20 cm.

Las losas, en su mayoría, es losas aligeradas de 20 cm. de espesor, las cuales se armaron en la dirección más corta.

#### 4.7.2.2 Modelo de la Sub-Estructura

La cimentación es superficial; conformada por zapatas aisladas, cimientos y sobrecimientos de concreto simple. La subestructura ha sido verificada de acuerdo a los esfuerzos que se encuentra sometido.

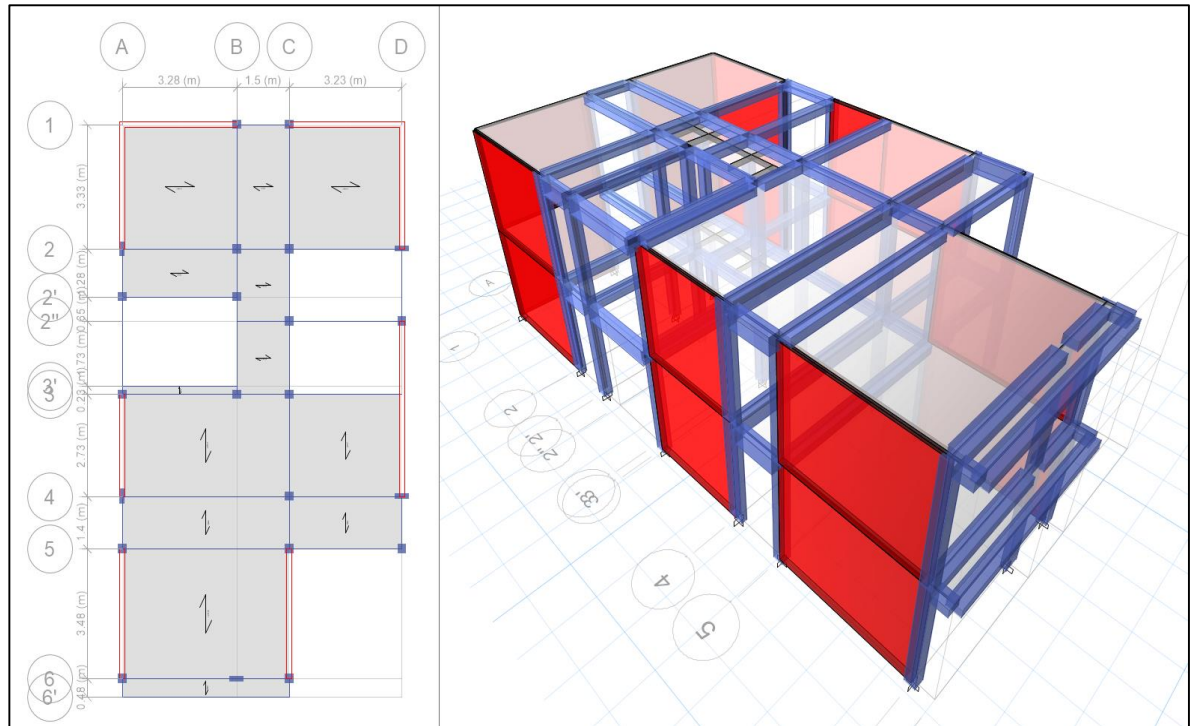


Figura 15. Modelamiento de la vivienda en ETABS 2017.

Elaboración: Propia.

#### 4.7.2.3 Características de los materiales

Para el diseño de los elementos estructurales y de confinamiento se han considerado las siguientes especificaciones generales.

##### Concreto armado

- Resistencia a la compresión:  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de Poisson :  $\nu = 0.20$
- Módulo de Elasticidad :  $Es = 15000 \times \sqrt{F'c} \text{ Kg/cm}^2$   
 $Es = 217371 \text{ Kg/cm}^2$

##### Acero de refuerzo

- Límite de Fluencia :  $Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad :  $Es = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$

##### Albañilería

- Resistencia a la compresión :  $F'm = 65 \text{ Kg/cm}^2$

#### 4.7.2.4 Cargas de diseño:

Las cargas de diseño empleadas son debido al peso propio, a la carga viva y la carga por efectos sísmicos. Dichas cargas se detallan a continuación:

##### A. Carga muerta:

- Peso específico Concreto Armado : 2400.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso específico Muros de albañilería: 1800.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso Losa aligerada (h=0.20m) : 300.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Peso Piso terminado : 100.00 Kg/m<sup>2</sup>

##### B. Cargas vivas:

- Edificios unifamiliares : 200.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Corredores y Escaleras : 400.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Azotea : 100.00 Kg/m<sup>2</sup>

#### 4.7.3 Análisis estático

Este método, representa las solicitaciones sísmicas, mediante un conjunto de fuerzas horizontales equivalentes, actuando en cada nivel de la edificación. La Norma Técnica de Edificaciones E.030, señala que es posible usar este método sólo para edificios regulares y de no más de 45.0 m. de altura.

##### 4.7.3.1 PARÁMETROS SÍSMICOS:

###### ZONIFICACION: FACTOR Z

El territorio nacional está dividido en cuatro zonas sísmicas. Para la zona de mayor sismicidad, fundamentalmente la costa, el valor considerado es 0.45, valor que corresponde a este proyecto al encontrarse en la costa.

###### CONDICIONES GEOTECNICAS:

###### FACTOR S y Tp

El suelo sobre el cual está cimentado el proyecto, es una arena limosa con esfuerzo admisible de 1.65 kg/cm<sup>2</sup>. De acuerdo a las características detalladas en la Norma E.030, este suelo es del Tipo S2 (suelos intermedios) y le corresponde el valor de S=1.05; y un valor de Tp de 0.6s.

## CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES:

### FACTOR U

El edificio en análisis, clasifica en la categoría C (Edificaciones Comunes), asignándole un valor de  $U = 1.0$ .

### PERIODO FUNDAMENTAL:

el período fundamental de la Estructura en sus dos direcciones principales, se estima con la siguiente expresión:

$$T = h/CT$$

Dónde:

h: altura total de la estructura = 5.60 m

CT = Coeficiente del sistema estructural usado

CT<sub>x,y</sub> = Estructuras de mampostería

y muros de concreto (coef. 60)

T<sub>x</sub> = 0.09 seg.

T<sub>y</sub> = 0.09 seg

### 4.7.3.2 CONFIGURACION ESTRUCTURAL

Se definió que la edificación califica como una estructura irregular, para esto se tomó en cuenta todas las consideraciones que señala la norma E.030. Donde las irregularidades que presenta fue en planta de la edificación. Ver anexo 11.

#### IRREGULARIDADES EN PLANTA:

**Irregularidad Torsional ( $I_p=0.75$ ):** Se comprobó, luego de hacer el análisis modal, que el máximo cociente entre el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos es menor que 1.3 veces el desplazamiento relativo de los respectivos centros de masas de los pisos analizados.

**Irregularidad Esquina Entrante ( $I_p=0.90$ ):** Se comprobó, que tiene esquina entrante debido que las dimensiones en ambas direcciones son mayores que el 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

**Discontinuidad del Diafragma ( $I_p=0.85$ ):** Los pisos de cualquier dirección de análisis, tiene una sección transversal del diafragma con área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.

**COEFICIENTE DE REDUCCIÓN:**

$$C/R \geq 0.11$$

**PESO DE LA EDIFICACIÓN**

Se calcula adicionando a la carga permanente de la edificación un 25% de la carga viva o sobrecarga.

$$P = CM + 0.25 CV$$

para la edificación, el siguiente peso P:

$$\text{Piso1}=85.780 \text{ tn}$$

$$\text{Azotea}=53.993 \text{ tn}$$

$$\text{Total}=139.773 \text{ tn}$$

**FUERZA MÍNIMA EN LA BASE:**

$$V \text{ estático} = Z \times U \times S \times C/R \times P$$

**PARÁMETROS SÍSMICOS:**

$$Z=0.45$$

$$U=1.00$$

$$S=1.05$$

$$C_x=2.50$$

$$C_y=2.50$$

$$R_x=3 \times 0.75=2.25$$

$$R_y=3 \times 0.85=2.55$$

Fuerza cortante en la base en la dirección x-x,  $V_x=68.574 \text{ tn}$

Fuerza cortante en la base en la dirección y-y,  $V_y=60.507 \text{ tn}$

**4.7.3.3 CALCULO DE DERIVAS EN EJE X-X**

Tabla 20

*Resultados de derivas en eje x-x*

STORY	Drift	R	Di = Drift*0.85*R	Di Máx. Relativo NTE.030
Piso 2	1.49E-03	2.25	0.003	<b>CUMPLE</b>
Piso 1	1.47E-03	2.25	0.003	<b>CUMPLE</b>

Elaboración: Propia.

**4.7.3.4 CALCULO DE DERIVAS EN EJE Y-Y**

Tabla 21

*Resultados de derivas en eje y-y*

STORY	Drift	R	Di = Drift*0.85*R	Di Máx. Relativo NTE.030
Piso 2	1.31E-04	2.55	0.0003	<b>CUMPLE</b>
Piso 1	1.58E-04	2.55	0.0003	<b>CUMPLE</b>

Elaboración: Propia.



#### 4.7.4 Análisis dinámico modal espectral

La Norma establece al análisis dinámico, como un método aplicable a cualquier edificio. Se utilizará el procedimiento de combinación espectral, por tratarse de una edificación convencional.

El análisis sísmico dinámico empleado en este trabajo está basado en el método espectral, en donde se ha considerado a las masas concentradas en los nudos de la estructura, 3 grados de libertad de oscilación por nivel. El análisis sísmico se ha elaborado mediante el programa computacional ETABS 2017.

##### 4.7.4.1 Espectro de respuesta

Espectro de respuesta de aceleración de diseño según NTE E.030

- Factor de Zona Sísmica :  $Z= 0.45$  (zona 4)
- Factor de Uso :  $U=1.0$  (edificación categoría C)
- Factor de Suelo :  $S=1.05$  (suelo intermedio  $Tp(S)=0.6$ )
- Factor de Amplificación Sísmica :  $C=2.5$
- Coeficiente de Reducción :  $R_x=2.25$  (Albañilería Confinada)
- Coeficiente de Reducción :  $R_y=2.55$  (Albañilería Confinada)

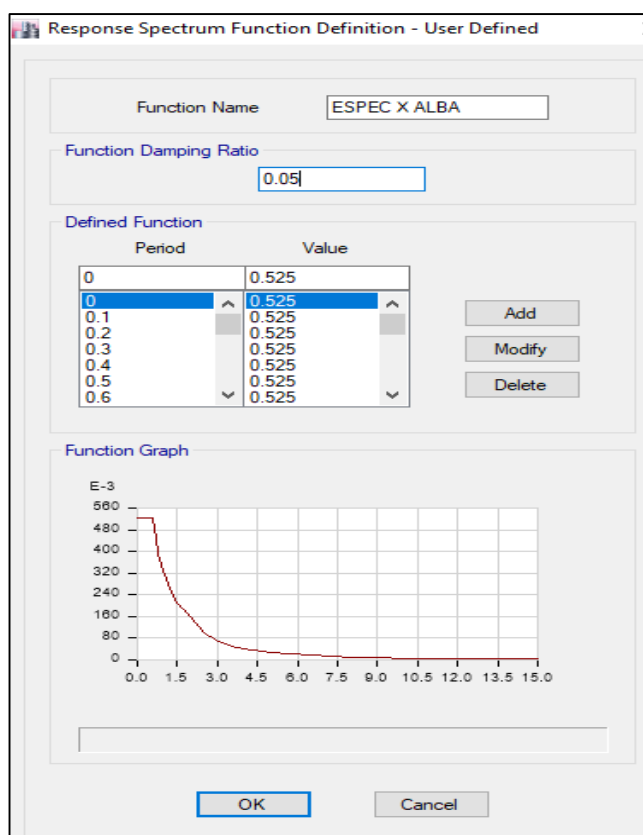


Figura 16. Espectro sísmico en la dirección x-x.

Elaboración: Propia.

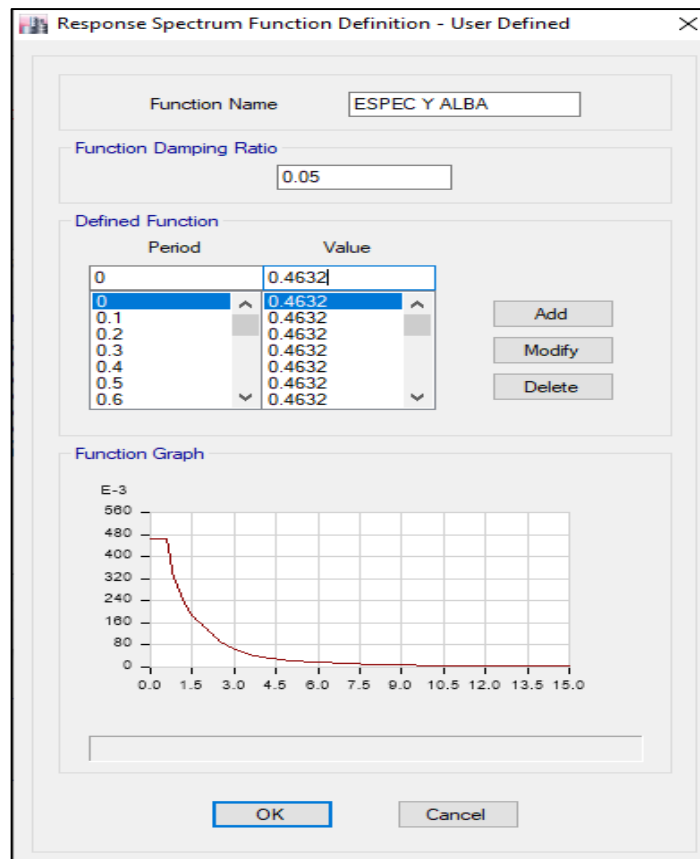


Figura 17. Espectro sísmico en la dirección y-y.

Elaboración: Propia.

#### 4.7.4.2 Modos de vibración y participación de masas

La Norma E.030 indica que en cada dirección se debe considerar modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura; pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

Tabla 22

*Resultados de modos de vibración y participación de masas*

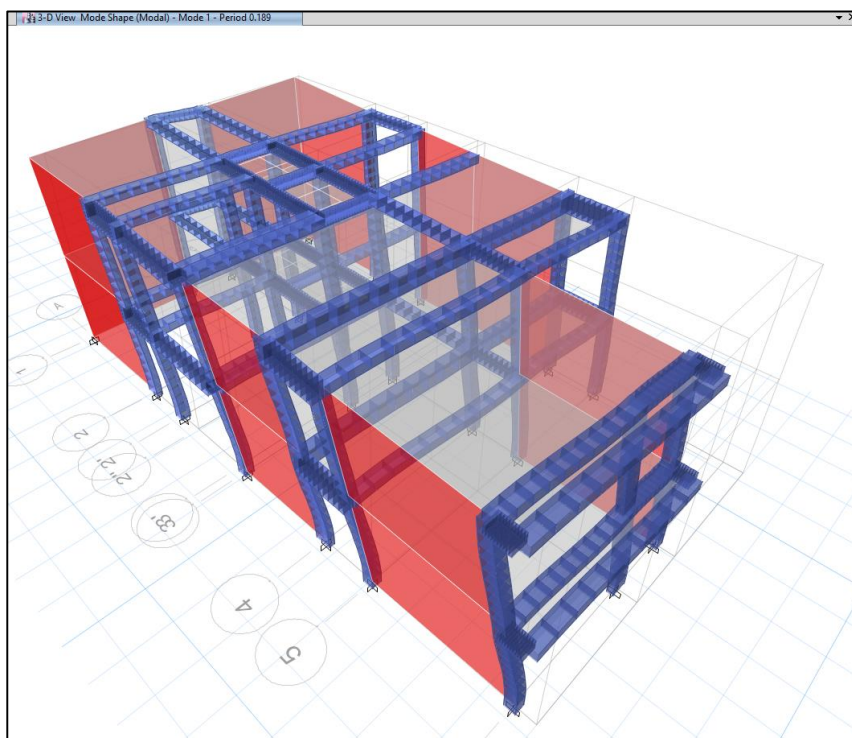
Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.189	0.7469	3.00E-04	0.1504	1.00E-04	0.2861	0.1504
Modal	2	0.072	0.0035	0.8928	0.0144	0.2945	0.2895	0.1648
Modal	3	0.069	0.0191	0.0049	0.2112	0.2975	0.8696	0.3759
Modal	4	0.064	0.2161	0.0125	0.563	0.3009	0.8793	0.9389
Modal	5	0.028	0.0005	8.72E-02	0.0015	0.9816	0.884	0.9404
Modal	6	0.026	1.39E-02	0.0024	5.96E-02	1	1	1

Elaboración: Propia.

### PRIMER MODO DE VIBRACIÓN

De la *tabla 22* se obtiene que el primer modo de vibración del edificio tiene un periodo de 0.189 seg., una participación de masa del 74.69% en la dirección del eje X.

En la animación grafica tridimensional del software se aprecia que se trata de un modo de vibración traslacional en la dirección del eje X.



*Figura 18.* Primer modo de vibración

Elaboración: Propia.

### SEGUNDO MODO DE VIBRACIÓN

De la *tabla 22* se obtiene que el segundo modo de vibración del edificio tiene un periodo de 0.072 seg., una participación de masa del 89.28% en la dirección del eje Y.

En la animación grafica tridimensional del software se aprecia que se trata de un modo de vibración traslacional en la dirección del eje Y.

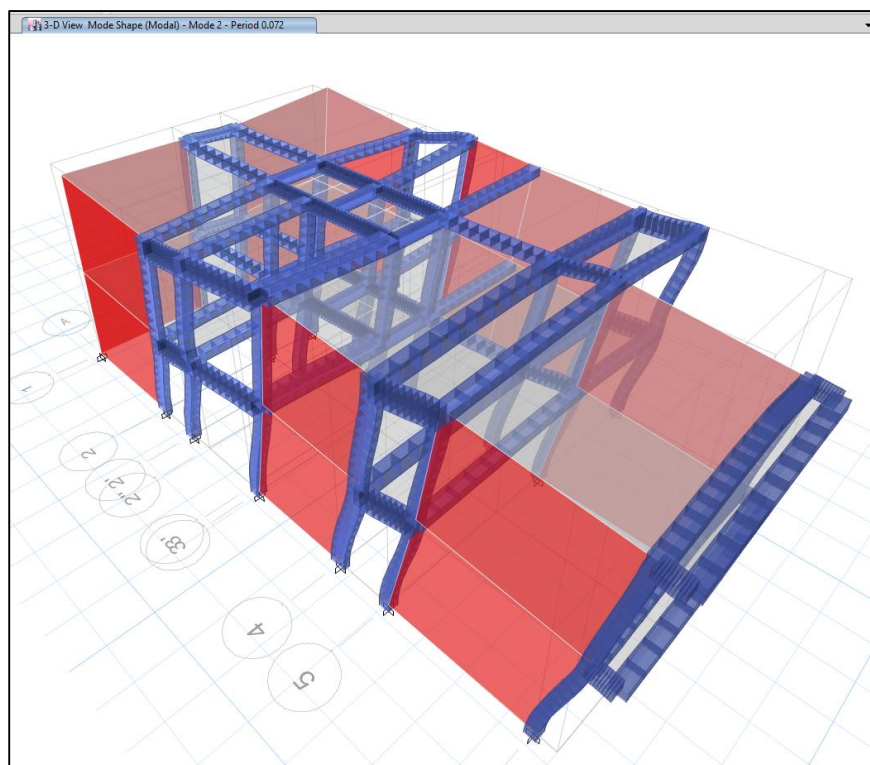


Figura 19. Segundo modo de vibración

Elaboración: Propia.

#### 4.7.4.3 FUERZA CORTANTE MINIMA EN LA BASE

Para el análisis de estructuras irregulares, se deberá considerar que la fuerza cortante en la base del edificio, no deberá ser menor que el 90% del valor calculado según el Artículo 29.4.1 de la Norma técnica de Edificaciones E.030.

Al no cumplir con el mínimo, es necesario incrementar la cortante, escalando proporcionalmente todos los resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

##### **Cortante Mínima en la Base**

Peso Sísmico de la Edificación	= 130618.9 kg
Cortante en la Base XX	= 68574.91 kg
Cortante en la Base YY	= 60507.27 kg
Cortante en la Base al 90% XX	= 61717.42 kg
Cortante en la Base al 90% YY	= 54456.55 kg
Cortante dinámico en XX	= 62266.61 kg
Cortante dinámico en YY	= 56071.42 kg
Factor a Esc en XX (sismo severo)	= 1.12
Factor a Esc en YY (sismo severo)	= 0.97

## 4.8 Diseño de cimentación

Para el diseño de cimentaciones no debe exceder la capacidad portante del suelo, y evitar que se presenten asentamientos diferenciales. Para el diseño de cimentación en toda el área de investigación se utilizó una capacidad portante de 1.65 kg/cm<sup>2</sup> debido a que es la más crítica del mapa de isovalores a una profundidad de 2.00 m. Ver anexo 14

Se utilizaron diversas fórmulas y verificaciones las cuales se expresan a continuación:

### 4.8.1 Predimensionamiento

#### 4.8.1.1 Zapata céntrica

$$Azap = \frac{1.075(Pc + Pcv)}{0.9 * \sigma_{adm. \text{ suelo}}}$$

#### 4.8.1.2 Zapata excéntrica

$$Azap = \frac{1.15(Pcm + Pcv)}{0.9 * \sigma_{adm. \text{ suelo}}}$$

#### 4.8.1.3 Zapata esquinera

$$Azap = \frac{(Pcm + Pcv) + Pz(Pcm + Pcv)}{\sigma_{adm. \text{ suelo}}}$$

$$Azap = \frac{(Pcm + Pcv + Ps) + Pz(Pcm + Pcv + Ps)}{1.33 * \sigma_{adm. \text{ suelo}}}$$

#### 4.8.1.4 Zapata combinada

$$P1 = Pcm1 + Pcv1$$

$$P2 = Pcm2 + Pcv2$$

$$R = P1 + P2$$

$$XR = \frac{P2 * Lc}{R}$$

$$Lzap = \left( XR + \frac{l1}{2} \right) * 2$$

$$Azap = \frac{1.15 * R}{0.9 * \sigma_{adm. \text{ suelo}}}$$

$$Bzap = \frac{Azap}{Lzap}$$

### 4.8.2 Verificaciones

#### 4.8.2.1 Verificación de esfuerzos por gravedad

Combinación 01: 1.4\*Pcm+1.7\*Pcv

$$\sigma_1 = \frac{1.075(1.4 * Pcm + 1.7 * Pcv)}{B * L} + \frac{6(1.4 * Mcmx + 1.7 * Mcvx)}{B * L^2} + \frac{6(1.4 * Mcmy + 1.7 * Mcvy)}{B^2 * L}$$

#### 4.8.2.2 verificación con sismo en "X"

Combinación 02: 1.25\*Pcm+1.25\*Pcv+Pcsx

$$\sigma_2 = \frac{1.075(1.25 * P_{cm} + 1.25 * P_{cv} + P_{csx})}{B * L} + \frac{6(1.25 * M_{cmx} + 1.25 * M_{cvx} + M_{csx})}{B * L^2} + \frac{6(1.25 * M_{cmy} + 1.25 * M_{cvy})}{B^2 * L}$$

Combinación 03:  $1.25 * P_{cm} + 1.25 * P_{cv} - P_{csx}$

$$\sigma_3 = \frac{1.075(1.25 * P_{cm} + 1.25 * P_{cv} - P_{csx})}{B * L} + \frac{6(1.25 * M_{cmx} + 1.25 * M_{cvx} - M_{csx})}{B * L^2} + \frac{6(1.25 * M_{cmy} + 1.25 * M_{cvy})}{B^2 * L}$$

Combinación 04:  $0.9 * P_{cm} + P_{csx}$

$$\sigma_4 = \frac{1.075(0.9 * P_{cm} + P_{csx})}{B * L} + \frac{6(0.9 * M_{cmx} + M_{csx})}{B * L^2} + \frac{6(0.9 * M_{cmy})}{B^2 * L}$$

Combinación 05:  $0.9 * P_{cm} - P_{csx}$

$$\sigma_5 = \frac{1.075(0.9 * P_{cm} - P_{csx})}{B * L} + \frac{6(0.9 * M_{cmx} - M_{csx})}{B * L^2} + \frac{6(0.9 * M_{cmy})}{B^2 * L}$$

#### 4.8.2.3 verificación con sismo en "Y"

Combinación 06:  $1.25 * P_{cm} + 1.25 * P_{cv} + P_{csy}$

$$\sigma_6 = \frac{1.075(1.25 * P_{cm} + 1.25 * P_{cv} + P_{csy})}{B * L} + \frac{6(1.25 * M_{cmy} + 1.25 * M_{cvy} + M_{csy})}{B * L^2} + \frac{6(1.25 * M_{cmx} + 1.25 * M_{cvx})}{B^2 * L}$$

Combinación 07:  $1.25 * P_{cm} + 1.25 * P_{cv} - P_{csy}$

$$\sigma_7 = \frac{1.075(1.25 * P_{cm} + 1.25 * P_{cv} - P_{csy})}{B * L} + \frac{6(1.25 * M_{cmy} + 1.25 * M_{cvy} - M_{csy})}{B * L^2} + \frac{6(1.25 * M_{cmx} + 1.25 * M_{cvx})}{B^2 * L}$$

Combinación 08:  $0.9 * P_{cm} + P_{csy}$

$$\sigma_8 = \frac{1.075(0.9 * P_{cm} + P_{csy})}{B * L} + \frac{6(0.9 * M_{cmy} + M_{csy})}{B * L^2} + \frac{6(0.9 * M_{cmx})}{B^2 * L}$$

Combinación 09:  $0.9 * P_{cm} - P_{csy}$

$$\sigma_9 = \frac{1.075(0.9 * P_{cm} - P_{csy})}{B * L} + \frac{6(0.9 * M_{cmy} - M_{csy})}{B * L^2} + \frac{6(0.9 * M_{cmx})}{B^2 * L}$$

#### 4.8.3 Verificación de excentricidad

Para la verificación debe cumplir lo siguiente:

$$e_x = \frac{M_{cmx} + M_{cvx} + M_{csx}}{P_{cm} + P_{cv} + P_{csx}} \leq \frac{L}{6}$$

$$e_y = \frac{M_{cmy} + M_{cvy} + M_{csy}}{P_{cm} + P_{cv} + P_{csy}} \leq \frac{L}{6}$$

#### 4.8.4 Diseño por Punzonamiento

Para el diseño el peralte efectivo "d" se expresan las siguientes formulas, donde se asume un valor como dato inicial.

$$\phi = 0.85$$

$$\text{Perímetro Crítico: } b_o = 2(b + d) + 2(d + h)$$

$$\text{Área Crítica: } A_o = (d + l) * (b + d)$$

$$\text{Área de la Zapata: } A_{zap} = B * L$$

$$\text{Cortante Ultima de diseño: } V_u = \sigma_{ult} * (A_{zap} - A_o)$$

$$\beta_c = \frac{l}{b}$$

$$\alpha = 40 \text{ si es centrada}$$

$$\alpha = 30 \text{ si es excentrica}$$

$$\alpha = 20 \text{ si es esquinera}$$

$$V_c = 0.53 * \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0.27 * \left(2 + \frac{\alpha * d}{b_o}\right) * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 1.06 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Finalmente se debe de cumplir que:  $V_u \leq \phi V_c$

#### 4.8.5 Diseño por Corte

Debe de cumplir lo siguiente:

$$V_u = \sigma_{ult} * (B) * (m - d) \leq 0.53 \sqrt{f'_c} * B * d$$

$$V_u = \sigma_{ult} * (L) * (m - d) \leq 0.53 \sqrt{f'_c} * B * d$$

#### 4.8.6 Diseño por Flexión

$$M_u = \frac{\sigma_{ult} * B * (m)}{2}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * (M_u) * 10^5}{0.9 * 0.85 * f'_c * B}}$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * B * a}{f_y}$$

$$s = \frac{A_{sc} * B}{A_{sd}}$$

#### 4.8.7 Diseño por Aplastamiento

$$Pu = 1.4 * Pcm + 1.7 * Pcv$$

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} \leq 2, \text{ si es mayor se toma el } 2$$

$$\phi Pn = 0.7 * 0.85 * f'c * A1 * \sqrt{\frac{A2}{A1}}$$

Debe de cumplir lo siguiente:  $Pu \leq \phi Pn$

#### 4.8.8 Modelamiento en programa SAFE v.16

Se ha utilizado el programa SAFE v.16 para el análisis de cimentaciones de concreto armado, con la finalidad de contrastar con los resultados que cumplieron con las verificaciones de fuerza cortante, punzonamiento, esfuerzos de flexión, aplastamiento y longitud de desarrollo.

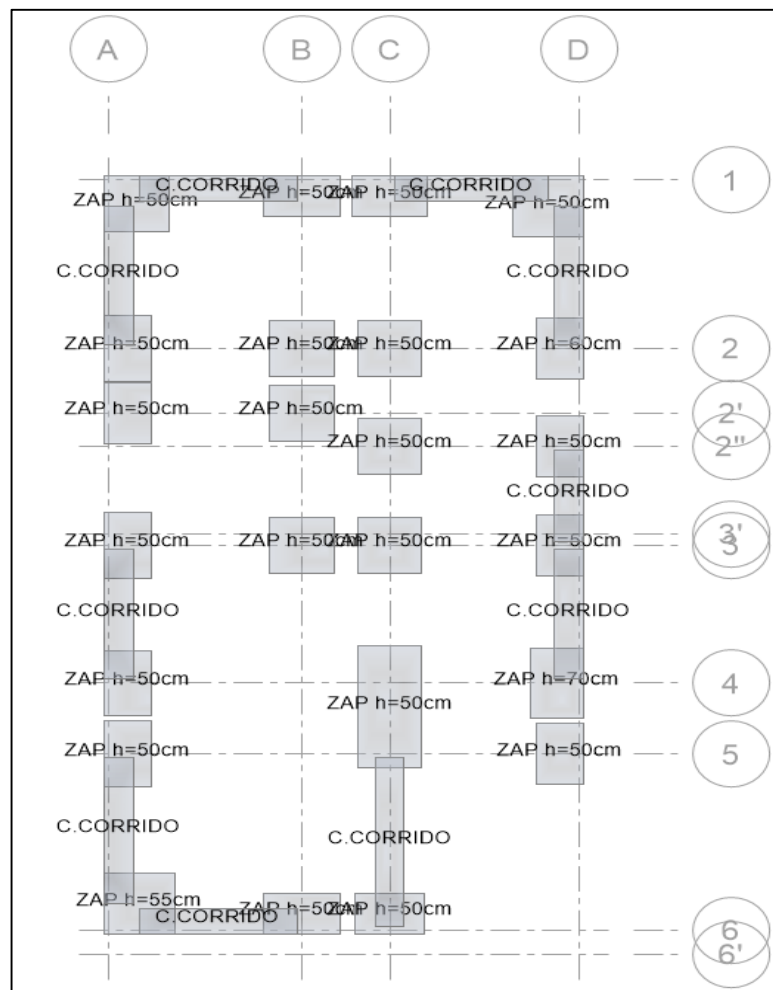


Figura 20. Modelamiento de cimentaciones en SAFE v.16.

Elaboración: Propia.



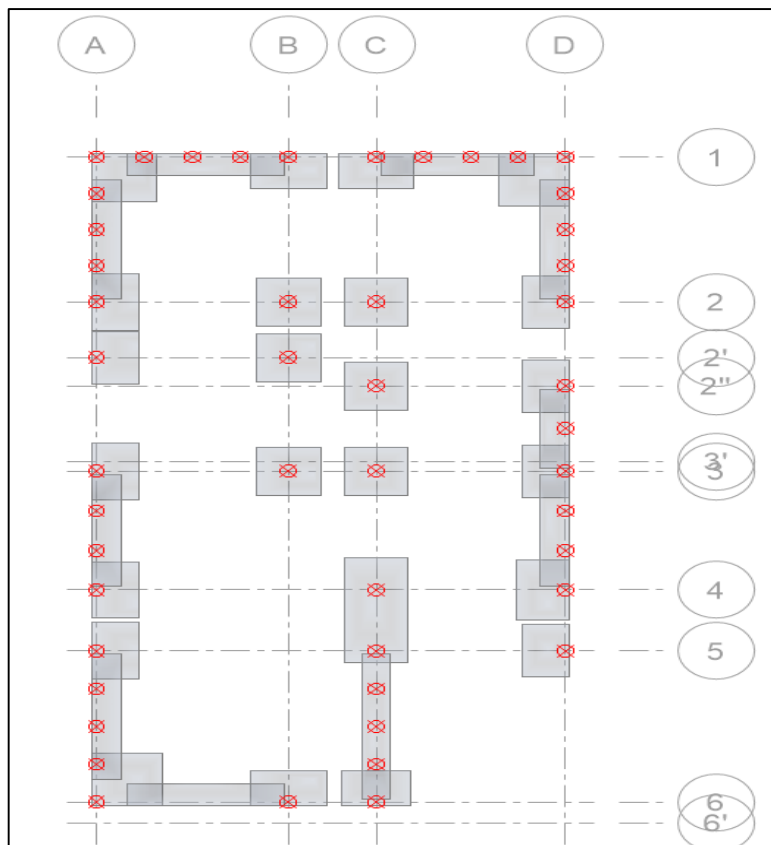


Figura 21. Cargas exportadas de ETABS 2017 a SAFE v.16

Elaboración: Propia.

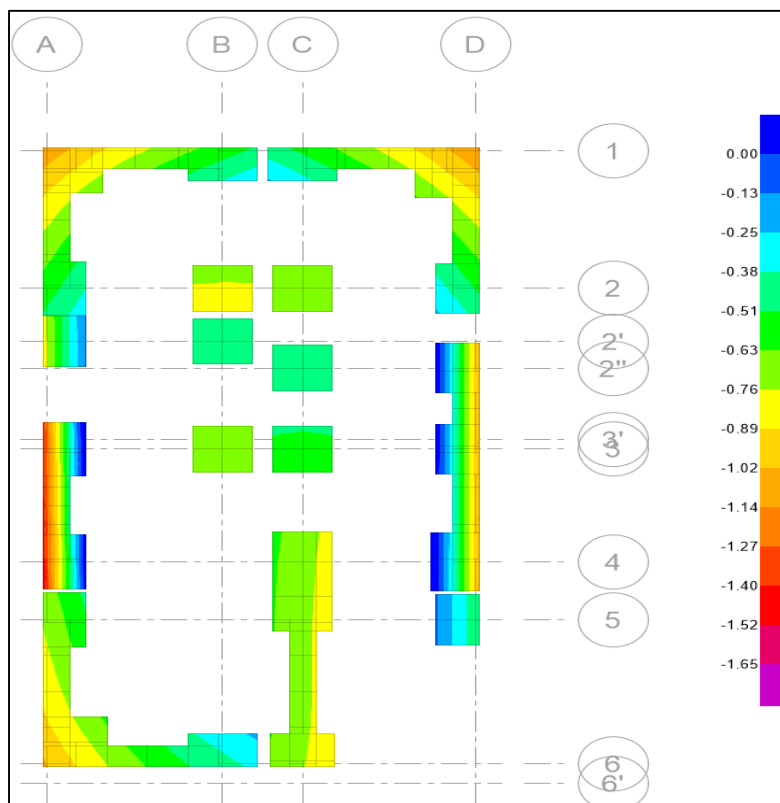


Figura 22. Verificación por presión de suelo en SAFE v.16.

Elaboración: Propia.

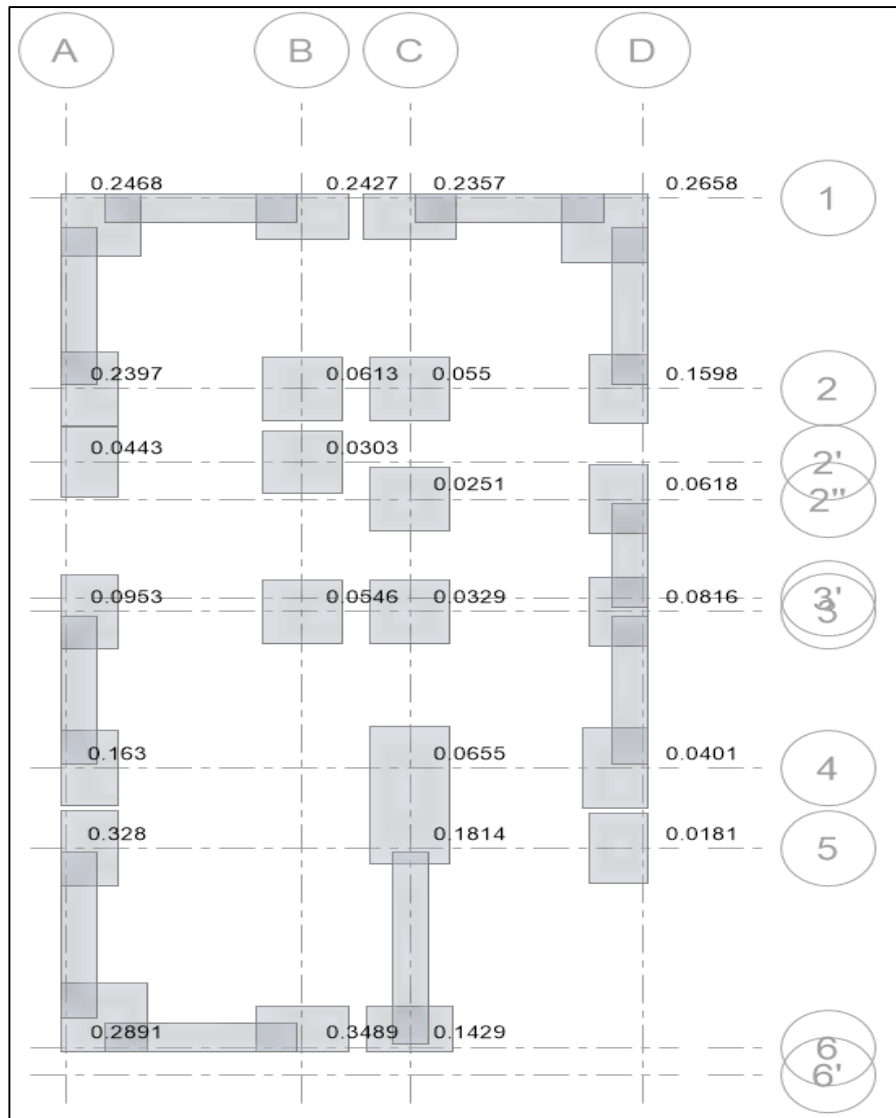


Figura 23. Verificación por punzonamiento en SAFE v.16.

Elaboración: Propia.

#### 4.8.9 Cuadro resumen de zapatas

De acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño de cimentaciones superficiales y contrastar con el diseño en el software SAFE v.16. Ver anexo 12

Se presenta las dimensiones obtenidas en la siguiente tabla

Tabla 23

*Cuadro resumen de dimensiones de zapatas*

<b>ZAPATAS</b>	<b>L (m)</b>	<b>B (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>Asr (cm<sup>2</sup>)</b>
A-1	1.10	1.10	0.50	7.92
A-2	0.80	1.30	0.50	9.36
A-2'	0.80	1.20	0.50	8.64
A-3	0.80	1.30	0.50	9.36
A-4	0.80	1.30	0.50	9.36
A-5	0.80	1.30	0.50	9.36
A-6	1.20	1.20	0.55	9.72
B-1	0.80	1.30	0.50	9.36
B-2	1.10	1.10	0.50	7.92
B-2'	1.10	1.10	0.50	7.92
B-3	1.10	1.10	0.50	7.92
B-6	0.80	1.30	0.50	9.36
C-1	0.80	1.30	0.50	9.36
C-2	1.10	1.10	0.50	7.92
C-2''	1.10	1.10	0.50	7.92
C-3	1.10	1.10	0.50	7.92
C-6	0.80	1.20	0.50	8.64
D-1	1.20	1.20	0.50	8.64
D-2	0.80	1.20	0.60	10.8
D-2''	0.80	1.20	0.50	8.64
D-3	0.80	1.20	0.50	8.64
D-4	0.90	1.40	0.70	17.55
D-5	0.80	1.20	0.50	8.64
Combinada 01	2.40	1.10	0.50	7.92

Elaboración: Propia.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1 Análisis geotécnico

#### 5.1.1 Trabajo de campo

Se realizó la excavación de 18 calicatas, distribuidos en dos sectores que abarca el proyecto: Se excavaron 10 en el margen izquierdo y 08 en el margen derecho de la carretera Tacna - Tarata km. 5 de la Asociación Alto Santa Cruz con profundidades variables de entre 0.80 a 3.00 metros de profundidad. Posteriormente se realizó las descripciones litológicas de cada calicata y también se ha ejecutado el ensayo de densidad in situ método del cono de arena obteniendo valores de 1.509 – 1.576 gr/cm<sup>3</sup>. Ver anexo 2.

#### 5.1.2 Trabajo de laboratorio

En el laboratorio se ejecutaron ensayos de mecánica de suelos como granulometría, contenido de humedad, límites de atterberg y se adicionaron ensayos especiales como corte directo.

Se realizó 15 ensayo de análisis granulométrico del suelo con fines de clasificación del tipo de suelo, se obtuvieron proporciones de los materiales que lo componen: arena y finos. Ver anexo 6.

Los resultados de contenido humedad varía entre 0.26 – 2.20 % de contenido de agua, lo que es considerado como un suelo con “bajo porcentaje de humedad”, típico de los suelos granulares, ya que estos no tienen la capacidad de retener gran cantidad de agua. Ver anexo 5.

Los resultados de límite de Atterberg muestran que son suelos friccionantes. Ver tabla 5.

En los ensayos de corte directo, el resultado de cohesión varía de 0.003-0.089 kg/cm<sup>2</sup> y el ángulo de fricción varia de 28.37°-32.53°, valores que son típicos del tipo de suelo analizado.

En el análisis de suelo se obtiene como resultado que es un suelo “colapsable”, la cual se debe verificar la existencia de la colapsabilidad mediante el ensayo de método para la medición del potencial de colapso de suelo según Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.050 suelos y cimentaciones. Ver *Figura 10*

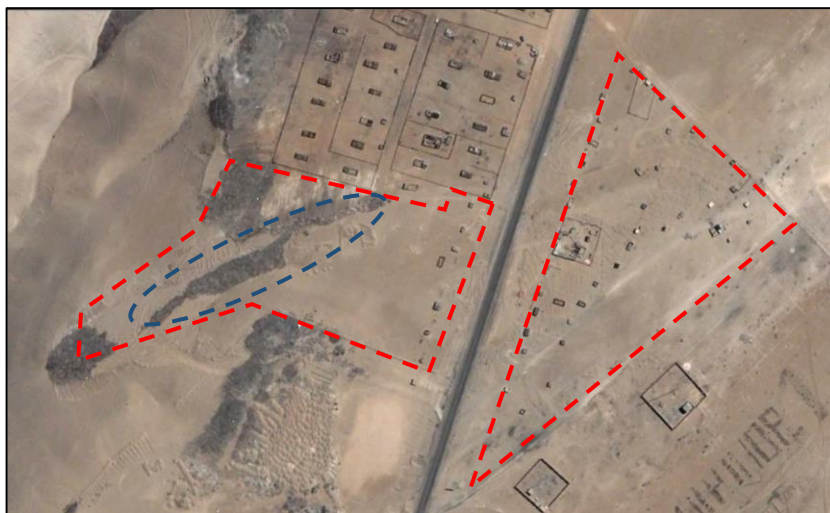
### 5.1.3 Trabajo de gabinete

Se realizó la clasificación de 15 muestras Según el Sistema de Clasificación SUCS donde encontramos un tipo de suelo generalmente compuestas por arenas limosas (SM), en algunas calicatas se encontró arenas cementada con sales.

Dentro de las 18 calicatas proyectadas, a calicatas 15 se tomó muestra para el análisis y 3 se obviaron debido a que se encontró relleno sanitario hasta 3 metros de profundidad.

En las imágenes satelitales del año 2003, margen izquierdo de la zona de estudio se observa una coloración oscura, la cual representa relleno sanitario donde coincide con los lugares críticos en el mapa de isovalores de capacidad admisible.

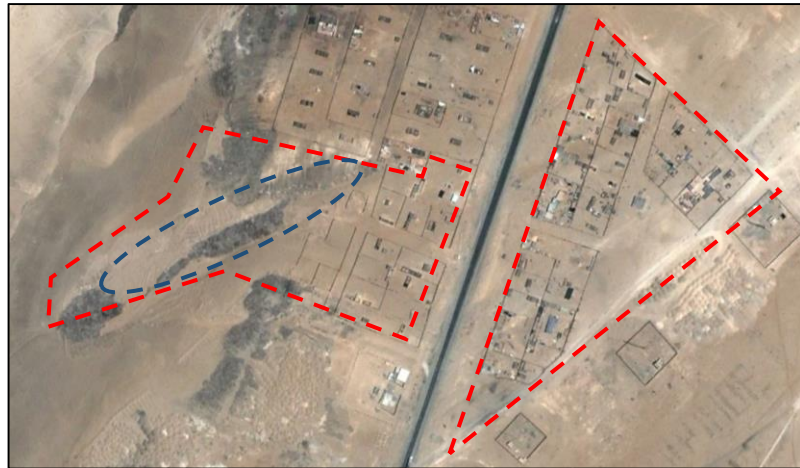
Según las imágenes satelitales se observa que el relleno sanitario fue cubierto en el año 2012 con arena limosa (SM) con un espesor de capa de 0.20 m. – 0.60 m., con la finalidad de poder posicionarse en ese terreno, la cual carece de las condiciones necesarias para poder ser habitado.



*Figura 24.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2003

Fuente: Google Earth.

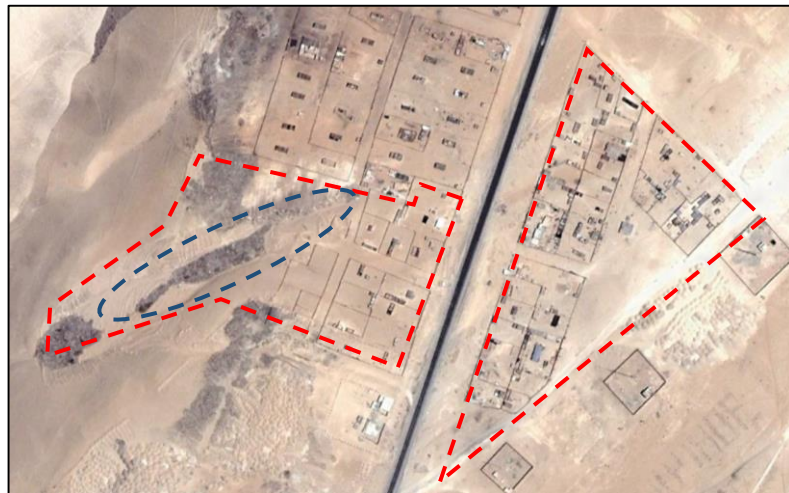
Elaboración: Propia.



*Figura 25.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2006

Fuente: Google Earth.

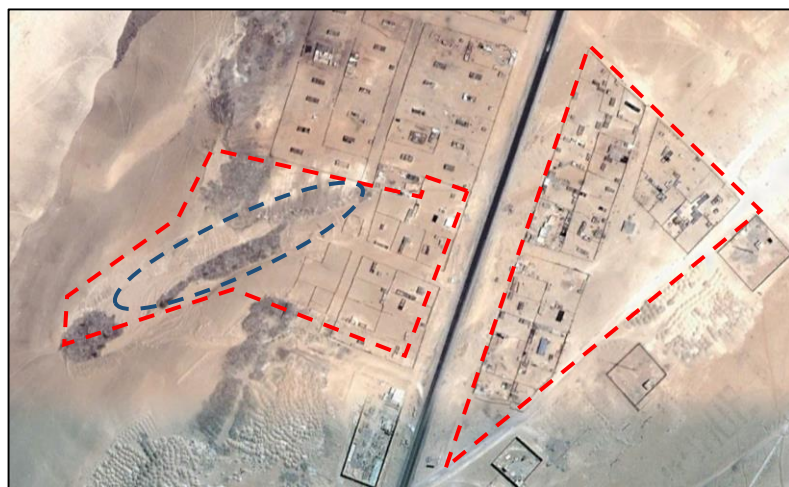
Elaboración: Propia.



*Figura 26.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2007

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 27.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2009

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 28.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2010

Fuente: Google Earth.

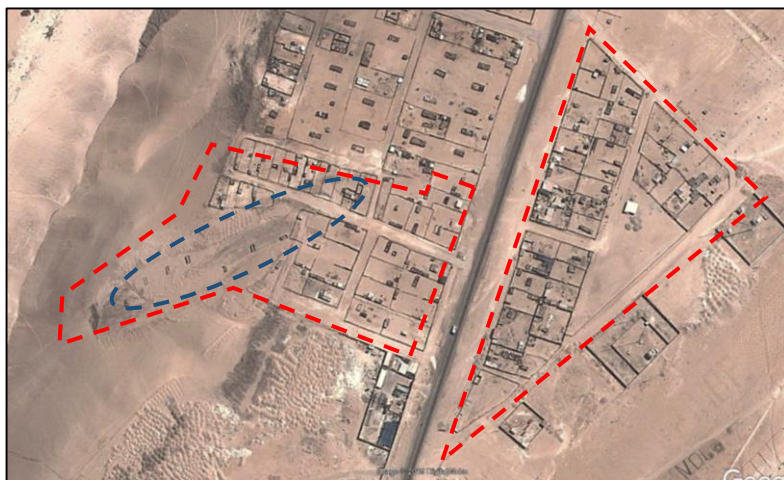
Elaboración: Propia.



*Figura 29.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2011

Fuente: Google Earth.

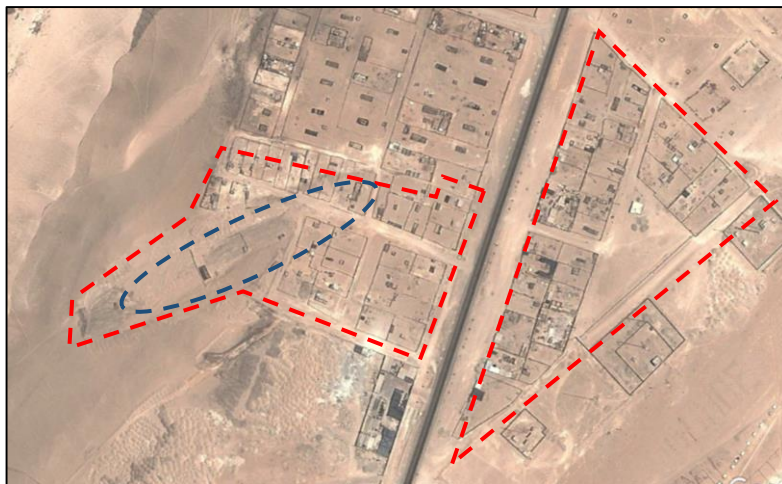
Elaboración: Propia.



*Figura 30.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2012

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 31.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2013

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 32.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2014

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 33.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2015

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.





*Figura 34.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2016

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 35.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2017

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.



*Figura 36.* Imagen satelital de la zona de estudio del año 2018

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Propia.

Para la creación de los mapas de isovalores de capacidad admisible se desarrolló la capacidad de carga por corte afectada por el factor de seguridad, la cual no fue considerada la presión que cause el asentamiento admisible. Se halló que a una profundidad de desplante de 1.50 m. la capacidad admisible varía entre 1.33 a 2.98 kg/cm<sup>2</sup>. y para una profundidad de 2.00 m. la capacidad admisible varía entre 1.65 a 2.75 kg/cm<sup>2</sup>.

## 5.2 Análisis cimentación

Se realizó el trabajo de Propuesta de cimentaciones con la ayuda del software SAFE v.16 y con la comprobación en hojas de cálculo con el programa PTC Mathcad Prime 5.0.0.0, donde se verifico que las dimensiones de las cimentaciones en ambos programas cumplían con los requerimientos de diseños, obteniéndose así las dimensiones optimas de las zapatas que son de 1.10 x 1.10 m, 0.80 x 1.30 m, 0.80 x 1.20 m, 1.20 x 1.20 m, 1.50 x 1.50 m y una zapata combinada de 2.40 x 1.10 m. con un refuerzo de acero mínimo, todo ello para una capacidad admisible del terreno de 1.65 kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados obtenidos de la presente investigación son importantes para hacer de conocimiento y concientizar a la población de este sector, para que tomen las consideraciones de diseño y no tengan problemas con la estructura de sus viviendas.

Se pudo verificar finalmente que el tipo de suelo de la Asociación Alto Santa Cruz del sector VII del Distrito Alto de la Alianza es una arena limosa (SM) cuyas construcciones deben regirse estrictamente a los resultados que se puede apreciar en el mapa de isovalores donde se presenta los valores de capacidad admisible que permite un adecuado diseño de cimentación para las futuras construcciones en la zona de estudio. Ver anexo 14.

## CONCLUSIONES

El presente tema de investigación aplicada, implica una propuesta de carácter técnico que permite determinar la capacidad de carga por corte afectado por el factor de seguridad en la Asociación de vivienda Alto Santa Cruz del distrito Alto de la Alianza, Sector VII - Tacna, cuyos resultados encontrados permite proponer una cimentación superficial del tipo zapata aislada y zapata combinada las cuales cumplen con los criterios de verificación correspondiente, tomando como referencia la capacidad admisible más crítica.

Los ensayos se ejecutaron en el Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, donde se determinó que los suelos son de carácter friccional (SW y SM), el contenido de humedad varía entre 0.26 – 2.20 % de contenido de agua, una densidad natural de 1.509 – 1.576 gr/cm<sup>3</sup>, con características mecánicas de cohesión de este suelo en su estado natural que varían desde 0.003-0.089 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de 28.37°-32.53°. y con capacidad admisible que varía entre 1.33 a 2.98 kg/cm<sup>2</sup> a 1.50 m. de profundidad y 1.65 a 2.75 kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 m. de profundidad.

Para el área de estudio y con los resultados de los ensayos correspondientes, se propone una cimentación superficial tipo zapata aislada sobre un terreno de capacidad portante de 1.65 kg/cm<sup>2</sup>, donde la estructura de cimentación cumple con los requerimientos de diseños obteniéndose así las dimensiones las zapatas de 1.10 x 1.10 m, 0.80 x 1.30 m, 0.80 x 1.20 m, 1.20 x 1.20 m, 1.50 x 1.50 m y zapata combinada de 2.40 x 1.10 m., con aceros de refuerzo de  $\phi$  ½". El diseño cumple con las verificaciones de fuerza cortante, punzonamiento, esfuerzos de flexión, aplastamiento y longitud de desarrollo.

El suelo encontrado en el área de estudio, según la clasificación SUCS generalmente es arena limosa (SM), que permitió determinar la capacidad portante a través del software "LOADCAP DE GEOESTRU" haciendo uso de los métodos Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic, y también se desarrolló por el método expresado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.050,2018). Con los resultados más críticos en cada una de las calicatas se elaboró mapas de isovalores de capacidad admisible a una profundidad de 1.50 m. y 2.00 m. Ver anexo 14: MI-01 y MI 02 respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los poseionarios que para obras de concreto armado en cimentaciones en la asociación Alto Santa Cruz, utilizar un cemento tipo IP puzolanico, debido a la presencia de sales en la matriz de arena, que es nociva para el concreto, y primordialmente no cimentar en suelos no permitidos (Rellenos Sanitarios).
- Se recomienda a los poseionarios respetar lo indicado en los planos estructurales, debido a que el diseño de cimentación fue elaborado para una vivienda unifamiliar de dos pisos. No dejar mechas de anclaje para una posterior construcción.
- Se recomienda a la Municipalidad Distrital del Alto de la Alianza, considerar los estudios de mecánica de suelo y los mapas de isovalores de la capacidad admisible a fin de tomar la mejor decisión en la elección de las cimentaciones superficiales.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna realizar ensayos de método indirecto o no destructivo (geofísica) para determinar las características físicas de suelo a mayor profundidad.
- Se recomienda a las futuras investigaciones realizar el ensayo Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelo (NTP 339.163), como también realizar ensayo de Método de ensayo normalizado para la capacidad portante del suelo por carga estática y para cimientos aislados (NTP 339.153), con la finalidad de complementa el estudio realizado.
- Se recomienda a las futuras investigaciones realizar el estudio de la presión que cause el asentamiento admisible, debido a que la presente tesis obtuvo la presión admisible mediante la capacidad de carga por corte afectada por el factor de seguridad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVA, J. (2012). Diseño de cimentaciones. Instituto de la construcción y gerencia ICG. Fondo Editorial ICG.
- AYA, J. (2015) “Estudio de Suelos con fines de cimentación en las Asociaciones de vivienda San Cristóbal, San Juan Bosco y San Fernando del sector VII del distrito Alto de la Alianza – Región Tacna”. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- BARRETO, P.& CONDORI, B. (2007) “Estudio de los suelos con fines de cimentación en la ciudad de Huancayo”. (Tesis de Pregrado).
- BRAJA M., D (2013). Fundamentos de ingeniería geotecnia. Cuarta edición. Editorial Cengage Learning Editores S.A
- BOWLES, J (1981). Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. MCGRAW-HILL INC. USA
- CABRERA, F. (2018) “Riesgo geotécnico de las Asociaciones de Vivienda Sol Naciente y Dos de Febrero, Ciudad Nueva-Tacna” (Tesis de Maestría). Universidad Privada de Tacna.
- CRESCO, C. (2005). Mecánica de suelos y cimentaciones. Quinta edición. Editorial Limusa.
- CUBAS, C. & LEÓN, C. (2007) “Estudio Comparativo de Cimentaciones Superficiales y Profundas en la Ciudad de Chiclayo”. (Tesis de Pregrado).
- FLORES, A. (2017). “Determinación del tipo de Suelo y Potencial de Colapso del Suelo del Puesto de Salud Intiorko, Distrito de Ciudad Nueva, Departamento de Tacna-2017”, (Tesis de Maestría). Universidad Privada de Tacna.
- LÓPEZ, J. (2011) “Análisis y diseño de una cimentación superficial de una estructura”, (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de México.

- MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM-2016). "Ministerio de transportes y comunicaciones". Lima, Perú.
- MAQUERA, P. (2017) "Isovalores de Capacidad Admisible del Suelo para Cimentaciones Superficiales en el sector siete del distrito Alto de la Alianza, Tacna 2017". (Tesis de Maestría). Universidad Privada de Tacna.
- MELCHOR, J & MAMANI, F (2017) "Estudio de Suelos para Cimentaciones de Edificaciones en la zona de Alto Locumba del distrito de Locumba – Provincia Jorge Basadre, Departamento de Tacna". (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna.
- MOYA, G. (2015), "Estudio y análisis del comportamiento estructural de cimentaciones superficiales por efectos de consolidación del suelo de fundación, según la metodología propuesta por la norma ecuatoriana de la construcción." (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica de Ambato. Ecuador
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.134. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
- PALACIOS, J. (2011), "Proceso constructivo de una cimentación mixta para un contenedor cilíndrico vertical con capacidad de 10,000 barriles de agua", (Tesis de Pregrado). Universidad Veracruzana, México
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2018). "Norma técnica E-0.30, Diseño Sismorresistente". Lima, Perú.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2018). "Norma técnica E-0.50, Suelos y Cimentaciones". Lima, Perú.
- RODRÍGUEZ, W. (2011) "La Influencia de las Propiedades del suelo en diseño de Cimentaciones". (Artículo).

## ANEXOS

## ANEXO - 1. Matriz de Consistencia

Interrogante del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Métodos	Prueba Estadística o Estrategia
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Dependiente			
¿Dispone la asociación una Propuesta Técnica para Cimentaciones de viviendas ubicadas en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza?	Realizar propuesta Técnica para Cimentaciones de viviendas ubicadas en el Sector VII del distrito Alto de la Alianza -Tacna - 2018	Las propiedades físicas y mecánicas de suelo en la Asociación Alto Santa Cruz, corresponde a un tipo de suelo clasificado como arena que podría presentar capacidad portante de 1kg/cm <sup>2</sup> la cual requiere servicio profesional para el diseño de cimentación.	Diseño de cimentación superficial.	Baja capacidad portante del suelo.	La investigación es exploratoria, ya que se caracteriza por que parten de una problemática en las viviendas, y donde se requiere hacer una evaluación del suelo donde se asentarán las futuras edificaciones.	Correlación
Problemas Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicas	Independiente			
¿Cuáles son las propiedades físicas – mecánicas incluyendo valores de capacidad admisible de suelos en dicho sector?	Obtener las propiedades físicas y mecánicas de suelo incluyendo la determinación de los valores de capacidad admisible	El tipo de suelo en la Asociación Alto Santa Cruz del sector VII del distrito Alto de la Alianza no son óptimas para la construcción de viviendas.			El nivel de investigación es comprensivo, ya que busca evaluar una problemática que viene aquejando a la sociedad al momento de asentar sus viviendas en suelos de alta peligrosidad sísmica, por lo que se requiere proponer el tipo de cimentación adecuada para las viviendas en la zona de estudio.	
¿Cuál es el tipo de diseño adecuado de una cimentación para viviendas del sector VII del distrito Alto de la Alianza?	Proponer un tipo de cimentación adecuada para viviendas en la zona de estudio.	El valor de capacidad admisible permite un adecuado diseño de cimentaciones para la construcción de viviendas en la zona de estudio.	Propiedades físicas, mecánicas y capacidad portante del suelo.	Los tipos de suelos para cimentaciones ubicados en la Asociación Alto Santa Cruz del sector VII del distrito Alto de la Alianza		correlación
¿Cuáles son valores de capacidad admisible para la creación de mapa de isovalores en dicho sector?	Realizar mapa de isovalores de capacidad admisible a 1.50 m y a 2.00 m de profundidad.	Los mapas de isovalores de capacidad admisible será herramienta adecuada para la cimentación de viviendas en la Asociación Alto Santa Cruz del sector VII del distrito Alto de la Alianza.				

# **ANEXO - 2**

## **Perfil Estratigráfico**



## **ANEXO - 3**

### **Cuadro resumen de ensayo**

# **ANEXO - 4**

## **Densidad in situ**

# **ANEXO - 5**

## **Contenido de humedad**

# **ANEXO - 6**

## **Análisis granulométrico**

# **ANEXO – 7**

## **Limite Atterberg**

**ANEXO – 8**  
**Corte Directo**

# **ANEXO – 9**

## **Capacidad admisible**

**ANEXO – 10**

**Gráfico de capacidad  
admisibile**



# **ANEXO – 11**

## **Análisis sísmico**

**ANEXO – 12**

**Diseño de cimentaciones  
superficiales**

# **ANEXO – 13**

## **Panel fotográfico**

# **ANEXO – 14**

## **Planos**

- Plano de ubicación
- Plano de ubicación de calicatas
- Plano de arquitectura
- Plano de corte y elevación
- Plano de cimentación
- Mapa de isovalores de capacidad admisible a 1.50 m.
- Mapa de isovalores de capacidad admisible a 2.00 m.