

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del**  
**Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO  
DE GEO-SINTÉTICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE”**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Berlanga Arana Manuel Jhunion**

Para optar el Título Profesional de:

**Ingeniero Civil**

Asesor:

**Ing. Gamarra Tuco Rubén Francisco**

**AREQUIPA-PERÚ**

**2018**

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

*Análisis Comparativo de Cimentaciones Superficiales y uso  
de geotextiles en suelos de baja capacidad portante.*

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):


*Manuel Jh Junior Berlanga Arana.*


Nuestro DICTAMEN es:


*Aprobado.*

OBSERVACIONES:

Arequipa, 29 de Noviembre del 2018

  
COD. 3044

  
COD. 2766

  
COD 2778

## DEDICATORIA

Soy consciente que no hay algo más valioso que un corazón agradecido, es por ello que me tomo el atrevimiento al término de esta etapa de mi vida de dedicar este proyecto de Tesis;

A Dios quien me ha mostrado que todas las cosas tienen un propósito, y es guía y fortaleza en la batalla de la vida.

A la Universidad Católica de Santa María, Alma Mater en cuyas aulas he enriquecido mis conocimientos y donde he aprendido los valores morales que distinguen a todo buen profesional.

A mis docentes en toda la trayectoria de mi carrera profesional, de manera especial a los ingenieros Rubén Gamarra, Enrique Ugarte, y Jorge Rosas, quienes me orientaron para el desarrollo y termino de la presente Tesis.

A mis padres Manuel y María y mis hermanos Katheryn y Giancarlo las personas más importantes en mi vida, este logro y todos los que estén por venir se los debo a ellos.

## INDICE

### RESUMEN

### ABSTRACT

### INTRODUCCIÓN

### OBJETIVOS DE LA TESIS

## CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL CONOCIMIENTO.....	1
1.1. CIMENTACIONES SUPERFICIALES. - .....	1
1.2. ASENTAMIENTOS .....	2
1.2.1. ASENTAMIENTO ELÁSTICO .....	2
1.2.2. ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA .....	3
1.3. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO .....	3
1.4. GEO SINTÉTICOS .....	5
1.4.1. GEO TEXTILES .....	6
1.4.1.1. GEOTEXTILES TEJIDOS .....	6
1.4.1.2. GEOTEXTILES NO TEJIDOS .....	7
1.4.2. GEO MALLAS .....	7
1.4.2.1. GEOMALLA UNIAXIAL.....	7
1.4.2.2. GEOMALLA BI AXIAL .....	8
1.5. SUELO REFORZADO CON GEOSINTETICOS.....	8
1.5.1. MECANISMOS DE REFUERZO .....	9
1.5.1.1. TIPO MEMBRANA .....	10
1.5.1.2. TIPO CORTE.....	10
1.5.1.3. TIPO ANCLAJE .....	10
1.5.2. MEJORA DE LA CAPACIDAD DE CARGA CON GEO SINTÉTICOS.....	11
1.5.3. FACTORES DE SEGURIDAD CONTRA RUPTURA Y SAFADURA .....	13
1.6. DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES .....	14
1.6.1. INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA .....	15
1.6.2. MODELO DINÁMICO SUELO ESTRUCTURA CONSIDERANDO LA FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CIMENTACIÓN.....	15
1.6.3. MODELO DE RESORTES BASADOS EN LA TEORÍA DE WINKLER .....	16
1.6.4. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE REACCIÓN O COEFICIENTE DE BALASTO .....	18
1.6.5. METODO FLEXIBLE APROXIMADO PARA LOSAS DE CIMENTACION .....	21

1.6.6. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES .....	23
---	----

## CAPÍTULO II

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
2.1. DESCRIPCION DE PROYECTO .....	25
2.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	25
2.1.2. SITUACION ACTUAL DEL TERRENO.....	26
2.1.3. TOPOGRAFIA .....	26
2.1.4. NIVEL FREÁTICO DE LA ZONA .....	26

## CAPÍTULO III

3. MECÁNICA DE SUELOS .....	28
3.1. GEOMORFOLOGÍA .....	28
3.2. GEOLOGIA REGIONAL.....	28
3.3. ESTRATIGRAFIA LOCAL .....	28
3.3.1. DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES .....	29
3.4. ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS .....	29
3.5. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.....	29
3.6. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	32
3.7. SELECCION DEL TIPO DE CIMENTACIÓN Y CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO .....	34
3.7.1. UBICACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN .....	35
3.7.2. CAPACIDAD PORTANTE PARA ZAPATAS AISLADAS .....	36
3.7.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACION .....	39
3.7.4. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN .....	41
3.7.5. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS LOSA DE CIMENTACIÓN... ..	43
3.8. ENSAYOS DE SUELO CON GEO SINTÉTICO .....	43
3.8.1. EVALUACIÓN DE LA FRICCIÓN ENTRE GEO SINTÉTICO Y SUELO.....	45
3.8.2. DATOS TÉCNICOS Y ELECCIÓN DE GEO SINTÉTICO .....	45
3.8.3. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN SUELO – GEO SINTÉTICO POR EL MÉTODO DE CORTE DIRECTO ASTM D 5321 – 02 .....	46
3.8.3.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	46

3.8.4. RESULTADOS DEL ENSAYO CORTE DIRECTO MODIFICADO.....	48
--	----

## CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL .....	50
4.1. ESTRUCTURACIÓN DE LA EDIFICACIÓN .....	50
4.2. DETERMINACIÓN DE CARGAS .....	50
4.2.1. PARA CARGAS DE GRAVEDAD .....	50
4.2.2. PARA CARGAS DE SISMO .....	51
4.3. ANÁLISIS ESTÁTICO .....	51
4.3.1. MODELO ESTRUCTURAL .....	51
4.4. ANÁLISIS SÍSMICO.....	52
4.4.1. ZONIFICACIÓN .....	52
4.4.2. PERFIL DEL SUELO.....	53
4.4.3. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA .....	53
4.4.4. CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN Y FACTOR DE USO .....	54
4.4.5. SISTEMA ESTRUCTURAL .....	54
4.4.6. FUERZA CORTANTE EN LA BASE.....	54
4.4.7. DESPLAZAMIENTO Y DERIVAS DE PISO.....	56
4.4.8. RESULTADOS DE CARGAS EN LA CIMENTACIÓN. ....	57

## CAPÍTULO V

5. CIMENTACIONES SUPERFICIALES CON GEO-SINTÉTICOS .....	61
5.1. DISEÑO DE CIMENTACIONES REFORZADAS CON GEO SINTÉTICOS.....	61
5.1.1. MECANISMO DE FALLA EN CIMENTACIONES REFORZADAS .....	61
5.1.2. DETERMINACION DEL INCREMENTO DEL ESFUERZO VERTICAL.....	62
5.1.3. DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO DE TENSIÓN EN LA CAPA DE (GEOTEXTIL O GEOMALLA).....	62
5.1.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA FRICCIÓN DEL GEO SINTÉTICO ....	63
5.1.5. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES REFORZADAS CON GEO SINTÉTICOS .....	65

## CAPÍTULO VI

6. MODELADO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES POR ELEMENTOS FINITOS .....	69
6.1. APLICACIÓN DEL PROGRAMA PLAXIS 2D .....	69
6.1.1 ASPECTOS GENERALES DEL MODELADO POR ELEMENTOS FINITOS CON EL PROGRAMA PLAXIS 2D .....	70
6.1.2 APLICACIÓN CASO DE ZAPATAS CUADRADAS REFORZADAS CON Y SIN GEO SINTÉTICOS.....	71
6.1.3 APLICACIÓN CASO LOSA DE CIMENTACIÓN CON PLAXIS 2D.....	79
6.1.4 DISEÑO LOSA DE CIMENTACION APLICACIÓN DEL PROGRAMA SAFE..	84
6.1.4.1. MOMENTOS FLECTORES Y CORTANTES EN LA LOSA DE CIMENTACIÓN .....	86
6.1.4.2. VERIFICACIÓN DE LOSA DE CIMENTACIÓN POR PUNZONAMIENTO ...	89

## CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS .....	91
7.1. ASENTAMIENTO TOLERABLE .....	91
7.2. ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS Y ESFUERZOS EFECTIVOS SOBRE EL SUELO CON Y SIN GEOSINTETICO .....	92
7.3. ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS DEL SUELO SEGÚN SU PROFUNDIDAD PARA CIMENTACIÓN REFORZADA CON GEO SINTÉTICOS.....	93
7.4. ANALISIS DE LOS COEFICIENTES DE BALASTRO PARA LOSA DE CIMENTACION .....	94
7.5. ANALISIS DE COSTOS .....	95
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES .....	97
REFERENCIAS .....	99

ANEXO 1 – PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO 2 - ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 3 - ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO

ANEXO 4 - PLANOS

ANEXO 5 –FICHA TÉCNICA GEOTEXTIL TEJIDO

ANEXO 6 -MEMORIA DE CÁLCULO ACERO CIMENTACIÓN

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de separación y refuerzo	14
Tabla 1-2 Factores de reducción para geo mallas en aplicaciones de refuerzo	14
Tabla 3-1 Coordenadas pozos de investigación.	30
Tabla 3-2 Clasificación del suelo según su compacidad.	32
Tabla 3-3 Resultados de fracciones granulométricas del suelo.	32
Tabla 3-4 Propiedades de Fase del Suelo	33
Tabla 3-5 Características mecánicas del Suelo.	33
Tabla 3-6 Dimensionamiento de la cimentación.	39
Tabla 3-7 Calculo de asentamientos elásticos	43
Tabla 3-8 Características mecánicas del suelo - geo sintético.	49
Tabla 3-9 Peso específico de masa de suelo granular de mejora.	49
Tabla 4-1 Resumen de los factores del análisis sísmico.	54
Tabla 4-2 Distribución del cortante basal por piso.	55
Tabla 4-3 Condición fuerza cortante estática y dinámica.	55
Tabla 4-4 Control de desplazamientos sentido X-X.	56
Tabla 4-5 Control de desplazamientos sentido Y-Y.	56
Tabla 4-6 Cargas en la base de las columnas	57
Tabla 5-1 Resistencia a la tensión requerida para refuerzo geo textil tejido	66
Tabla 5-2 Resistencia del geotextil a la fricción.	67
Tabla 5-3 Factor de seguridad contra el arrancamiento	67
Tabla 6-1 Datos de entrada (Propiedades de los elementos a introducir en el programa PLAXIS 2D) zapatas reforzadas con geo sintéticos.	72
Tabla 6-2 Datos de entrada (Propiedades de los elementos a introducir en el programa PLAXIS 2D) Losa de Cimentación	79
Tabla 7-1 Límites máximos permisibles distorsión angular	92
Tabla 7-2 Máximos desplazamientos y esfuerzos obtenidos en Plaxis 2D	92
Tabla 7-3 Cálculo del coeficiente de balastro representativo de la losa de cimentación por método de elemento finitos.	94
Tabla 7-4 Cálculo del asentamiento máximo de la losa de cimentación por balastro analítico.	94
Tabla 7-5 Cuadro comparativo del presupuesto de los sistemas de cimentación.	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1-1 Tipos de Cimentaciones Superficiales .....	2
Gráfico 1-2 Tipos de falla por capacidad de carga del suelo.....	4
Gráfico 1-3 Tipos de geo-sintéticos.....	6
Gráfico 1-4 Geo malla uniaxial. ....	8
Gráfico 1-5 Geo malla biaxial. ....	8
Gráfico 1-6 Distribución del refuerzo geotextil bajo una Cimentación Rectangular .....	9
Gráfico 1-7 Cimentación Rectangular sobre refuerzo de geo malla .....	9
Gráfico 1-8 Mecanismo de Confinamiento Lateral.....	11
Gráfico 1-9 Curvas carga vs asentamiento cimentacion reforzada .....	12
Gráfico 1-10 Posibles modos de falla de cimentaciones superficiales reforzados con geo sintéticos .....	13
Gráfico 1-11 Esquema de cálculo de las condiciones de fijación de la estructura tipo péndulo invertido.....	16
Gráfico 1-12 Suelo equivalente a sistema de resortes elásticos .....	17
Gráfico 1-13 Viga elástica de Winkler .....	17
Gráfico 1-14 Ensayo de placa Base .....	19
Gráfico 1-15 Curva Tensión Deformación ensayo de la Placa Base.....	19
Gráfico 1-16 Correlación densidad relativa y módulo de reacción vertical .....	20
Gráfico 1-17 Variación de $A_1$ y $A_2$ con $r/L'$ .....	22
Gráfico 1-18 Discretizacion de un elemento continuo .....	23
Gráfico 1-19 Evolución y desarrollo de los Principales iniciadores del método de elementos finitos a través del tiempo. ....	24
Gráfico 2-1 Vista satelital general de la zona en estudio. ....	25
Gráfico 2-2 Vista en perfil sistema well points .....	27
Gráfico 2-3 Instalación de los well points a un solo nivel.....	27
Gráfico 3-1 Ubicación pozos de investigación Vista en Planta.....	29
Gráfico 3-2 Perfil Estratigráfico General del Terreno.....	30
Gráfico 3-3 Perfil Estratigráfico Calicatas. ....	31
Gráfico 3-4 Curvas Granulométricas.....	33
Gráfico 3-5 Profundidad de Desplante para Zapatas aisladas perfil. ....	35
Gráfico 3-6 Ubicación del nivel freático en cimentaciones superficiales. ....	36
Gráfico 3-7 Distribución de la cimentación .....	40

Gráfico 3-8 Comparación de profundidad de desplante de una cimentación aislada y una losa de cimentación.....	41
Gráfico 3-9 Profundidad de Desplante losa de cimentación .....	41
Gráfico 3-10 Diferentes mecanismos físicos de separación suelo, geo-sintético.....	44
Gráfico 3-11 Resultados del ensayo triaxial confinado en muestras de arena densa bajo presiones de confinamiento.....	44
Gráfico 3-12 Ficha técnica tipo de geotextil optimo según su función. ....	45
Gráfico 3-13 Placa de aluminio y geotextil adherido .....	46
Gráfico 3-14 Placa de aluminio dentro de la caja inferior de corte .....	47
Gráfico 3-15 Apisonado de la muestra .....	47
Gráfico 3-16 Colocación de la Muestra de Ensayo en el Equipo de Corte Directo .....	48
Gráfico 3-17 Geotextil tejido dirección de las fibras MD (machine direction) XD(cross dirección) .....	48
Gráfico 4-1 Modelo tridimensional de la estructura en Etabs V. 16 .....	51
Gráfico 4-2 Mapa zonificación sísmica del Perú.....	52
Gráfico 4-3 Factor de suelo y periodos del suelo. ....	53
Gráfico 4-4 Reacciones sobre la base de las columnas resultados Env X-X .....	60
Gráfico 4-5 Fuerza Axial en las columnas resultados Env X-X ETABS V.16.....	60
Gráfico 5-1 Mecanismo de falla en cimentaciones reforzadas.....	61
Gráfico 5-2 Ubicación del esfuerzo cortante máximo para una profundidad z dado un ancho de cimentación B .....	64
Gráfico 5-3 Variación de la longitud de empotramiento del geo-sintético con respecto a z/B.....	65
Gráfico 5-4 Esquema del refuerzo bajo la cimentación. ....	68
Gráfico 6-1 Plane strain and Axisymmetric model .....	69
Gráfico 6-2 Deformación de la malla del conjunto cimentación sin refuerzo de geo sintético con un máximo desplazamiento de 8.0 cm.....	73
Gráfico 6-3 Esfuerzo principal efectivo del suelo para zapata sin Geo sintético de ancho B=3.00 m con un máximo valor de -140.33 kN/m <sup>2</sup> .....	74
Gráfico 6-4 Disipación del Esfuerzo medio efectivo sobre el suelo para zapata sin Geo sintético de ancho B=3.00 m.....	75
Gráfico 6-5 Deformación de la malla del conjunto cimentación con refuerzo de geo sintético .....	76

Gráfico 6-6 Esfuerzo principal efectivo del suelo para zapata reforzada con Geo sintético de ancho B=1.80 m .....	77
Gráfico 6-7 Disipación del Esfuerzo medio efectivo sobre el suelo para zapata con Geo sintético de ancho B=1.80 m PLAXIS 2D .....	78
Gráfico 6-8 Deformación de la malla del conjunto Losa de Cimentación – Suelo con un máximo desplazamiento de 5.86cm .....	80
Gráfico 6-9 Esfuerzo principal efectivo del suelo para Losa de Cimentación .....	81
Gráfico 6-10 Momento máximo sobre losa de cimentación PLAXIS 2D.....	82
Gráfico 6-11 Cortante máximo sobre losa de cimentación PLAXIS 2D .....	83
Gráfico 6-12 Modelo geométrico del modelo losa de cimentación con el programa SAFE V.16 .....	84
Gráfico 6-13 Presión ejercida en el suelo debido a Cargas de servicio con un valor máximo de 81.31 kN/m <sup>2</sup> SAFE V.16 .....	85
Gráfico 6-14 Asentamientos por Cargas de Servicio (Unid.: m) .....	85
Gráfico 6-15 Momento máximo Envolvente dirección X-X (Unid.: kN*m).....	86
Gráfico 6-16 Momento máximo Envolvente dirección Y-Y (Unid.: kN*m).....	86
Gráfico 6-17 Cortante máximo Envolvente sentido X-X (Unid.: kN) .....	87
Gráfico 6-18 Cortante máximo Envolvente sentido Y-Y (Unid.: kN) .....	87
Gráfico 6-19 Diseño de Acero transversal (Unid.: cm <sup>2</sup> ) SAFE V.16.....	88
Gráfico 6-20 Diseño de Acero longitudinal (Unid.: cm <sup>2</sup> ) SAFE V.16.....	88
Gráfico 7-1 Variación de esfuerzos resistentes y actuantes sobre las capas de refuerzo de geotextil .....	93

## RESUMEN

La presente tesis busca comparar el comportamiento geotécnico de una losa de cimentación y el de zapatas aisladas reforzadas con geo-sintéticos como alternativa de solución ante un tipo de suelo con condiciones desfavorables.

El punto inicial es la evaluación de un Edificio regular de cinco pisos para uso como vivienda multifamiliar en la zona de Bella Pampa, Distrito de Socabaya de la ciudad de Arequipa que según un estudio de microzonificación sísmica la describen como zona con baja capacidad portante y nivel freático cerca de la superficie, de dicha zona se extrajeron muestras de suelo para la determinación de las propiedades geotécnicas del suelo rigiéndose a los lineamientos de la norma de suelos y cimentaciones RNE. E-050. Además, se realizó ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de interacción suelo-geo sintético para su posterior diseño.

Como parte del análisis del Edificio se realizó un análisis sísmico de la edificación usando el programa ETABS V16 de cuyos datos de salida se tomaron las reacciones en la base de las columnas y se llevaron a un programa de geotecnia de elementos finitos PLAXIS 2D, El cual es un programa que trabaja con elementos finitos en dos dimensiones. Se evaluaron dos alternativas de cimentación; losa de cimentación y zapatas aisladas reforzadas con geo-sintéticos, se analizó y comparó el comportamiento geotécnico del suelo con y sin geo sintéticos teniendo en cuenta la presión de poros causada por el agua para finalmente presentar las ventajas y desventajas correspondientes a nuestra investigación.

**Palabras clave:** Cimentaciones Superficiales, Suelo reforzado, Geo sintéticos, baja Capacidad Portante

## ABSTRACT

This thesis seeks to compare the geotechnical behavior of a foundation slab and isolated insulated shoes with geo-synthetic as an alternative solution to a type of soil with unfavorable conditions.

The starting point is the evaluation of a regular five-story building for use as a multi-family dwelling in the area of Bella Pampa, Socabaya District of the city of Arequipa, which according to a seismic microzoning study describes it as an area with low bearing capacity and level. At the water table near the surface, soil samples were taken from this area to determine the geotechnical properties of the soil, following the guidelines of the RNE soil and foundation standard. E-050. In addition, laboratory tests were conducted to determine the soil-geo-synthetic interaction properties for subsequent design.

As part of the analysis of the building, a seismic analysis of the building was carried out using the ETABS V16 program whose output data were taken at the base of the columns and taken to a finite element geotechnical program PLAXIS 2D, which is a program that works with finite elements in two dimensions. Two foundation alternatives were evaluated; foundation slab and insulated footings reinforced with geo-synthetics, the geotechnical behavior of the soil with and without geophysical was analyzed and compared taking into account the pore pressure caused by the water to finally present the advantages and disadvantages corresponding to our investigation.

**Key words:** Surface Foundations, Reinforced soil, Geo synthetic, low bearing capacity

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el uso de suelos reforzados para mejorar la capacidad portante de cimentaciones superficiales ha sido un tema de bastante interés para nuevos investigadores. Entre los principales iniciadores se puede citar a Binquet y Lee en 1975, Huang y Tatsuoka 1990, y Kurian et al 1997 que presentaron estudios experimentales, numéricos y analíticos para determinar el comportamiento del suelo reforzado para diferentes tipos y condiciones de terreno.

Entre las diferentes formas de reforzar un suelo encontramos el uso de geo-sintéticos que son muy empleados en reforzamiento y estabilidad de taludes y en mejoramiento del suelo en obras viales, sin embargo, aún no son muy empleados en lo que respecta al reforzamiento del suelo de fundación en edificaciones. Con respecto a la normatividad referente al uso de geo sintéticos, ya se está implementado en nuestro país normas técnicas que regulan su uso y control, podemos citar también como única organización internacional que se ha preocupado por normar y asegurar un control técnico para el uso de los geo-sintéticos la ASTM de quien los distribuidores de geo-sintéticos se rigen para su fabricación.

Es notable como se viene incentivando la investigación y la promoción de los geo-sintéticos como nuevo material de construcción en la ingeniería civil por organizaciones internacionales y capítulos en cada país, como es la Sociedad Internacional de Geo sintéticos.

A través de los años no solo se ha descubierto nuevos materiales, también se han desarrollado varios softwares de análisis geotécnico que permiten un modelamiento más aproximado a las condiciones reales del suelo y la interacción que genera el suelo propiamente dicho con la estructura, en su rango inelástico permitiendo la evaluación por etapas de cualquier estructura bajo condiciones de frontera que delimitan las condiciones del terreno. Entre ellos podemos mencionar la compañía PLAXIS, este último es un software de geotecnia formulado bajo el método de elementos finitos en dos o tres dimensiones que permite la discretización del suelo para su análisis, así también permite la construcción por etapas y la introducción de geo-sintéticos para la evaluación de su comportamiento en casos reales.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- ✚ Evaluar la viabilidad de construir edificios en suelos de baja capacidad portante en la ciudad de Arequipa mediante el empleo de cimentaciones superficiales reforzadas con geo sintéticos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Recopilar datos de las propiedades del suelo de la zona en estudio mediante ensayos de laboratorio.
- ✚ Estudiar las principales propiedades del elemento geo sintético necesarios para su diseño como refuerzo mediante ensayos de laboratorio.
- ✚ Recopilar bibliografía de metodologías de cálculo y diseño de cimentaciones superficiales tipo zapatas, zapatas combinadas, losas de cimentación.
- ✚ Realizar un análisis sísmico de la edificación en estudio y la evaluación de los parámetros de salida (momentos, fuerzas cortantes, desplazamientos) mediante el uso del software ETABS V16.
- ✚ Analizar el comportamiento de los sistemas de cimentación; Zapatas sobre suelos con y sin refuerzo de geo sintéticos y losa de cimentación haciendo uso del software PLAXIS 2D
- ✚ Evaluar los resultados obtenidos del análisis (asentamientos, esfuerzos, momentos y fuerzas) y presentar las ventajas y desventajas del uso de geo sintéticos aplicados en reforzamiento de suelos con capacidad portante baja.

## HIPOTESIS

El uso de geo sintéticos para mejorar los suelos con poca resistencia presenta muchas ventajas en obras viales y de estabilización de taludes, por ello su uso podría mejorar el comportamiento de suelos aplicados en edificación de viviendas para su correcta aplicación como alternativa de solución ante suelos de baja capacidad portante.

## CAPÍTULO I

### 1 ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Cualquier tipo de proyecto estructural se sitúa apoyado directamente sobre el suelo lo que implica que durante la etapa de diseño se evalúe las alternativas de cimentación que mejor se acomoden a las condiciones naturales del terreno, pues se usará el tipo de cimentación que mejor comportamiento presente ante cargas externas, que proporcione estabilidad a la estructura, y sea económicamente viable. En la práctica comúnmente se usan cimentaciones superficiales o cimentaciones profundas, las cuales presentan importantes diferencias en cuanto a su geometría, al comportamiento e interacción con el suelo, a su funcionalidad estructural y sus procedimientos constructivos.

#### 1.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES. -

Son elementos estructurales que se encuentran por su naturaleza apoyadas directamente sobre el suelo a una profundidad aproximadamente menor a 2 veces su ancho a partir del nivel de la superficie natural del terreno. Estos elementos transmiten las cargas verticales procedentes de las columnas de una edificación y disipan los esfuerzos en el estrato resistente del suelo de fundación. La profundidad para cimentar está en función de muchos factores, uno de ellos es la disposición de los estratos y la ubicación de aquellos que presenten mejores condiciones. De acuerdo a su función se pueden clasificar como:

**Zapatas aisladas:** que soportan en un solo punto de apoyo la columna de forma independiente, pueden ser del tipo concéntrica, medianera, o esquinera.

**Zapatas combinadas:** se suele utilizar debido a la proximidad de dos columnas que ocasiona que el área a cimentar se sobreponga una con otra, obligando a combinar la zapata de manera que trabaje de forma óptima para ambos puntos de apoyo.

**Zapatas conectadas:** son aquellas zapatas que al contener cargas excéntricas requieren que se conecten o amarren a otra zapata próxima mediante una viga de cimentación la cual generara un equilibrio que mejore el comportamiento de la zapata y evitar problemas de asentamiento por lo general se aplican este tipo de cimentación en columnas pegadas al límite de propiedad con el lindero del terreno que colinda.

**Losas de cimentación:** este tipo de cimentación puede contener a varias columnas, e incluso llegar a ser de la misma área del terreno a cimentar en su totalidad, por ello a pesar de su

elevado costo, son convenientes para evitar problemas de asentamientos diferenciales en suelos de alto nivel de deformación.

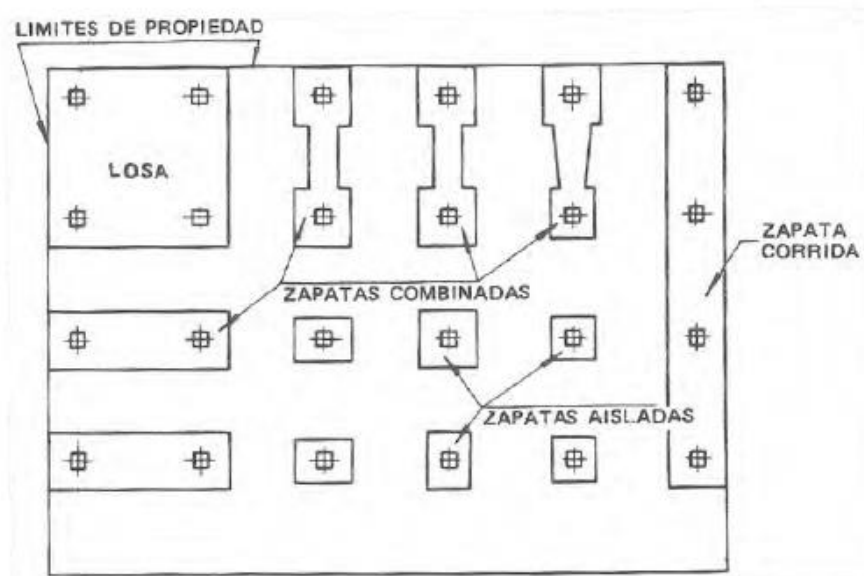


Gráfico 1-1 Tipos de Cimentaciones Superficiales **fuentes:** (Vargas, 1999)

## 1.2 ASENTAMIENTOS

Se conoce dos tipos de asentamiento que se presentan según el tipo de suelo y otras condiciones geotécnicas; asentamiento elástico y asentamiento por consolidación.

### 1.2.1 ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Por la ley de Hooke se entiende que existe una relación lineal entre los esfuerzos y deformaciones de un material elástico, el suelo en este caso solo posee capacidad de deformación en la dirección vertical, por ello los esfuerzos aplicados sobre el suelo causaran deformaciones verticales es decir asentamientos.

El asentamiento elástico dependerá si la cimentación es flexible o rígida de acuerdo a la teoría de la elasticidad se calcula como sigue;

$$S_i = \frac{q_{ad} B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f \quad (1.1)$$

**Fuente:** (Das Braja M. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2011)

- $S_i$ : Asentamiento producido en (cm)
- $I_f$ : Factor de forma
- $E_s$ : Módulo de Elasticidad
- $\mu$ : Coeficiente de Poisson

Para la determinación del asentamiento elástico muy aparte de usar la teoría de la elasticidad diversos autores han planteado otras formulaciones como por ejemplo Mayne y Poulos en 1999 que propusieron una fórmula para calcular asentamientos elásticos en base a cimentaciones circulares considerando un incremento del módulo de elasticidad conforme a la profundidad del estrato, también está el uso del factor de influencia de la deformación unitaria para suelos granulares propuesto por Schmrtmann Hartman, incluso es posible determinar dicho valor usando el número de penetración estándar en campo  $N_{60}$  método propuesto por Burland y Burbidge (Das, 2011).

### 1.2.2 ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA

Este tipo de asentamiento se da en suelos arcillosos saturados, los cuales poseen la capacidad de deformarse de forma paulatina a lo largo del tiempo al aplicar una carga sobre ellos hasta llegar a un punto en el cual se asientan y se consolidan completamente, el asentamiento por consolidación se puede calcular como;

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H_c \quad (1.2)$$

**Fuente:** (Das Braja M. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2011)

Donde:

- $S_c$ = asentamiento por consolidación
- $\Delta e$  = cambio total de la relación de vacíos causada por la aplicación de carga
- $e_0$  = relación de vacíos inicial de la arcilla
- $H_c$ =índice de compresibilidad

### 1.3 CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO

Todo suelo ante la aplicación de cargas tiende a sufrir deformaciones hasta el punto que no puede soportar mayores deformaciones y falla por corte, el esfuerzo máximo que puede soportar el suelo antes que se produzca la falla se le conoce como capacidad de carga ultima.

Existen tres tipos de falla para suelos bajo cimentaciones corridas que se distinguen en función de su densidad relativa (Das, 2011), las cuales las describiremos brevemente;

- a) Falla por corte general

Se presenta en una arena densa o suelo cohesivo firme al haber un incremento de la carga se genera una falla repentina en el suelo por el incremento del asentamiento, Vesic (1963) tras

varios ensayos de laboratorio, determinó que para suelos con una densidad relativa mayor o igual aproximadamente a 70% ocurre este tipo de falla.

b) Falla por corte local

Se presenta en la cimentación que contiene suelos arenosos o arcillas medianamente compactadas, su superficie de falla se extiende de forma gradual desde la cimentación hacia el suelo, requiriendo un segundo movimiento para que la falla en el suelo llegue a la superficie, en este tipo de falla no posee un valor máximo de esfuerzo ya que habrá otro esfuerzo mayor para un desplazamiento mayor.

c) Falla por punzonamiento

Este caso se da en suelos sueltos, al aplicar un esfuerzo en este caso no se extiende la superficie de falla en el suelo a la superficie del terreno, lo que genera una relación aproximadamente lineal entre carga y asentamiento.

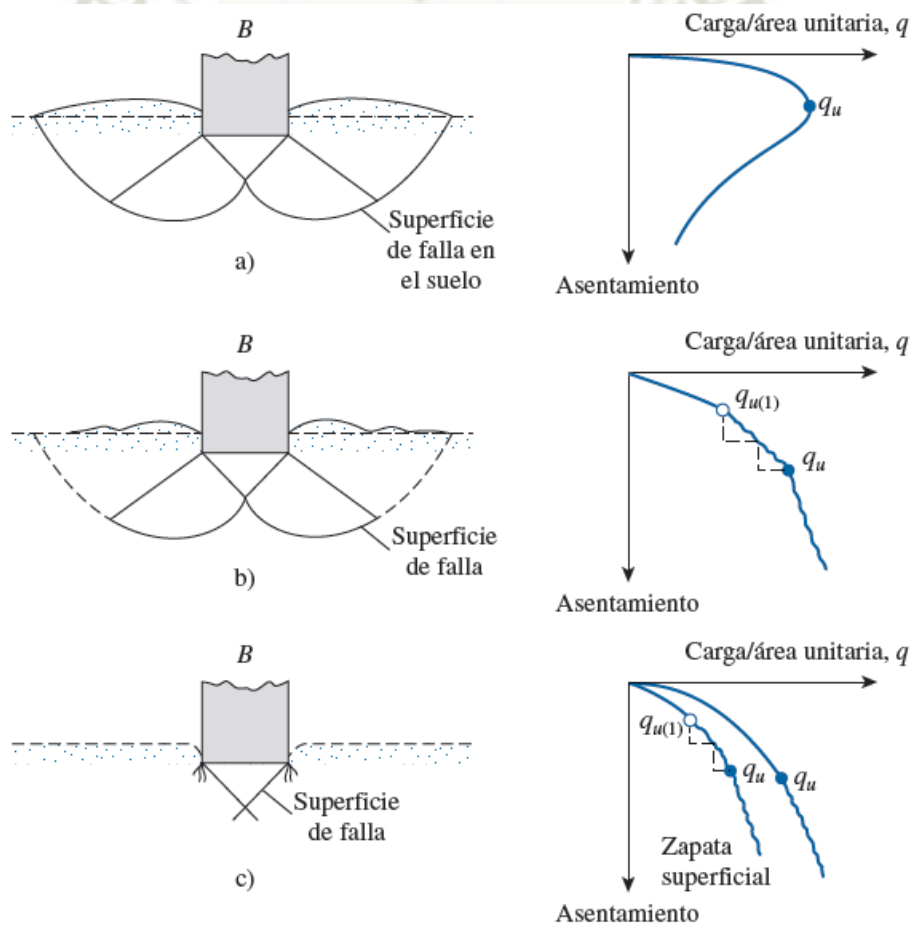


Gráfico 1-2 Tipos de falla por capacidad de carga del suelo a) falla por corte general, b) falla por corte local, c) falla por corte por punzonamiento. **Fuente:** (DAS 2011)

#### 1.4 GEO SINTÉTICOS

Los geo-sintéticos son un material compuesto por polímeros que tiene la composición química de los plásticos, estos son procesados de tal forma que resultan láminas, mantos o mallas que por sus propiedades físicas se usan como componente alternativo en trabajos de ingeniería y de geotecnia en donde se involucre el contacto directo sobre suelos.

Los geo-sintéticos son muy usados básicamente por su acción de mejoramiento, fácil uso e instalación y por su costo económico en comparación con otros materiales, los geo-sintéticos presentan cinco principales funciones;

- Separación
- Reforzamiento
- Filtración
- Drenaje
- Protección

Con respecto a su vida útil podemos citar, al Dr. Robert Koerner, del Instituto internacional de Geosintéticos (GSI), quien presentó un estudio de 12 años realizado por GSI sobre el rendimiento a largo plazo y el envejecimiento de los geotextiles y las geo-membranas, de la cual entre sus conclusiones indica que el periodo de vida del material polimérico se verá afectado en función de factores como las altas temperaturas, la luz ultravioleta (si se expone), la oxidación, la hidrólisis, procesos químicos, los impactos radioactivos y biológicos y la migración de finos que contribuyen a la degradación de estos materiales. (IGS, 2016)

Los geo-sintéticos se clasifican en diferentes formas los más comunes en proyectos de ingeniería son; geotextiles, geo mallas, geo membranas, geo drenes, geo compuestos y mantos para control de erosión. Entre los tipos de geo-sintéticos los principales elementos usados para reforzamiento son los de tipo geotextil tejido y las geo-mallas biaxiales.

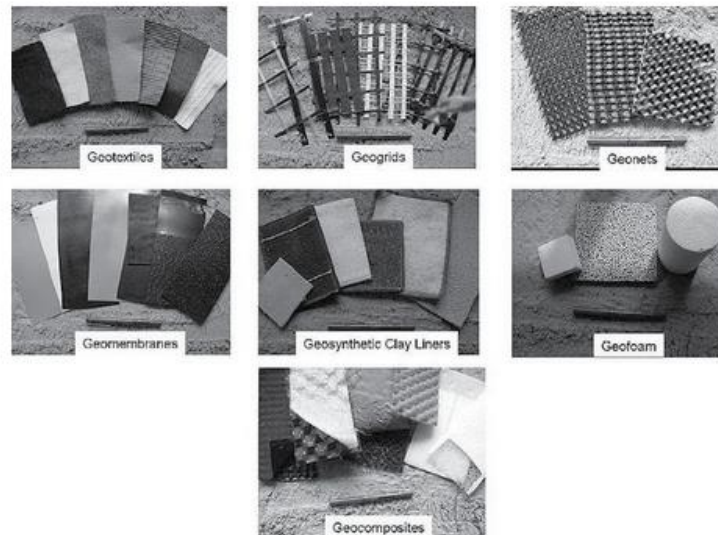


Gráfico 1-3 Tipos de geo-sintéticos. Fuente: (Koerner, 2012)

#### 1.4.1 GEO TEXTILES

Los geotextiles se definen como “un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser; no tejido, tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas” (Geosistemas Pavco S.A., 2009). son usados bajo cimentaciones, suelos, roca, material granular, entre otros. Los geotextiles según su forma de fabricación se clasifican en tejidos y no tejidos.

##### 1.4.1.1 GEOTEXTILES TEJIDOS

El geotextil tejido como su nombre lo indica es un material tejido polimérico plano, las fibras que lo componen se encuentran tejidas en dos direcciones perpendiculares entre sí, por ello su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de las cintas empleadas).

El entrelazamiento de las fibras se muestra de diferentes maneras. Según el tipo de tejido los geotextiles se pueden dividir en:

- Geotextiles tejidos por filamentos únicos (monofilamentos).
- Geotextiles tejidos por filamentos múltiples
- Fibrilados.

#### **1.4.1.2 GEOTEXTILES NO TEJIDOS**

Están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar consolidándose esta estructura por distintos sistemas, según cual sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras. Los geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextiles No Tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas
- Geotextiles No Tejidos ligados térmicamente o termo soldados
- Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados

#### **1.4.2 GEO MALLAS**

Son materiales poliméricos tejidos en forma de malla, poseen una mayor abertura en su estructura a diferencia de los geotextiles, la apertura entre sus fibras longitudinales y transversales (costillas) son lo suficientemente largas como para permitir la integración del suelo y de la geo malla por ambos lados. Las costillas de las geo mallas son más rígidas que las fibras de los geotextiles por ello son más usadas para su aplicación en el área de reforzamiento (Koerner, 2012).

Las geo-mallas vienen con diferentes aberturas que varían entre 10 a 100 mm que permiten el confinamiento lateral o trabazón del suelo, según el proceso de su fabricación pueden ser: Extruidas, soldadas y tejidas.

Las geo-mallas generan un incremento en la resistencia al corte del suelo. Durante la aplicación de una carga normal al suelo, este es compactado de manera que se produzca una interacción entre las capas de suelo que rodean la geo-malla, el resultado del reforzamiento combina la resistencia a la compresión del suelo con la tensión de la geo-malla, para crear un sistema que presenta una mayor rigidez y estabilidad que un suelo sin ningún elemento que soporte estos esfuerzos. (Geosistemas Pavco S.A., 2009, pág. 15)

##### **1.4.2.1 GEOMALLA UNIAXIAL**

Geo malla uniaxial o mono orientada son aplicadas en estructuras como muros de suelo reforzado y terraplenes debido a presentan mayor resistencia y rigidez en el sentido longitudinal que en el trasversal, resulta más conveniente por la distribución de esfuerzos que presentan estos elementos.



Gráfico 1-4 Geo malla uniaxial. **Fuente:** (Geosistemas PAVCO, 2011)

#### 1.4.2.2 GEOMALLA BI AXIAL

También llamadas geo mallas bi-orientadas, son convenientes para disipar esfuerzos en forma alternada y en varias direcciones sobre el suelo, por ello se utilizan en reforzamiento de pavimentos y cimentaciones superficiales. Como se puede apreciar en la siguiente figura, este tipo de geo-malla debe tener una adecuada resistencia a la tracción tanto en sus fibras longitudinales y transversales como en sus uniones o nudos debido a que el suelo se incrusta en las aberturas de la geo maya de esta manera transmite y distribuye los esfuerzos a través de sus uniones.



Gráfico 1-5 Geo malla biaxial. **Fuente:** (Geo sistemas PAVCO, 2011)

### 1.5 SUELO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

Básicamente al tener un suelo con malas condiciones debido a la baja capacidad portante, o la presencia del nivel freático cercano a la superficie, obliga a buscar nuevos métodos que mejoren el comportamiento de la cimentación sin generar asentamientos o fallas por corte en el suelo. Una de estas alternativas es la de reforzar el suelo en este caso con geo-sintéticos, de esta manera se mejora las condiciones de capacidad de soporte del suelo y así poder utilizar un sistema de cimentación simple como es el de zapatas aisladas.

El reforzamiento del suelo de fundación consiste en remplazar el suelo blando o flojo sobre el cual se asentará la cimentación por un sistema de multi-capas continuas espaciadas por

material granular entre ellas, alternando geo-sintético, suelo de refuerzo, oh sistemas de colchones tridimensionales interconectados como celdas de suelo de refuerzo y geo-sintético.

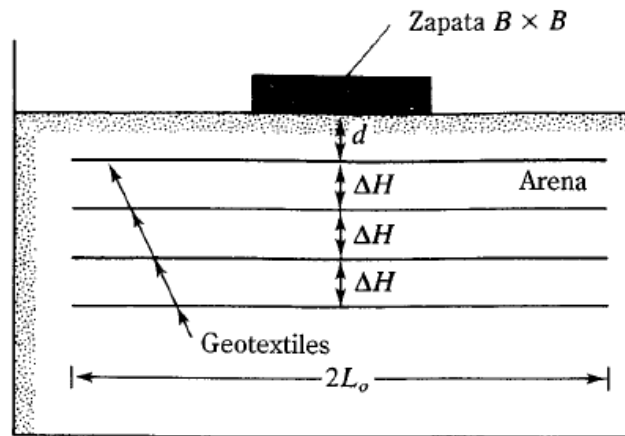


Gráfico 1-6 Distribución del refuerzo geotextil bajo una Cimentación Rectangular

**Fuente:** (Das, 2001)

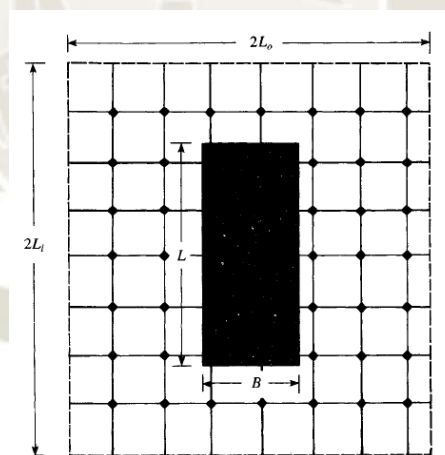


Gráfico 1-7 Cimentación Rectangular sobre refuerzo de geo malla

**Fuente:** (Das, 2001)

### 1.5.1 MECANISMOS DE REFUERZO

El suelo reforzado aportara una resistencia a la compresión por el suelo de refuerzo y un aporte del geo-sintético al resistir esfuerzos de tención. Sin embargo, el sistema al estar sometido a cargas estáticas y dinámicas se verá afectado por deformaciones y asentamientos que involucren y afecten a los materiales utilizados hasta alcanzar sus límites de diseño y

presentar una falla por arrancamiento, falla por tensión del material de refuerzo o por fluencia a largo plazo o creep (Perea, 2012).

Dentro de la función de reforzamiento del material geo sintético, (Koerner, 2012) define tres mecanismos de refuerzo: (Membrane Type) Tipo membrana, (Shear Type) Tipo corte y (Anchorage Type) Tipo anclaje, los cuales se describen a continuación.

#### 1.5.1.1 TIPO MEMBRANA

Este mecanismo se genera cuando se aplica una carga vertical en sentido de la gravedad sobre la capa de geo sintético, a causa de esto el refuerzo se deforma y se tensiona. Dependerá entonces de la posición a la cual se encuentre el refuerzo vertical, por lo tanto, lo más cerca que se encuentre el refuerzo de la fuerza aplicada, más alto será la fuerza de tensión sobre el geo sintético

#### 1.5.1.2 TIPO CORTE

Este mecanismo ocurre al estar en contacto la interface del geo sintético sobre el suelo en la dirección normal. Los parámetros de esfuerzos cortantes son la adhesión y el ángulo de fricción que son obtenidos de una adaptación de la forma del criterio de falla de Mohr-Coulomb.

$$\tau = c_a + \sigma_n \tan \delta \quad (1.3)$$

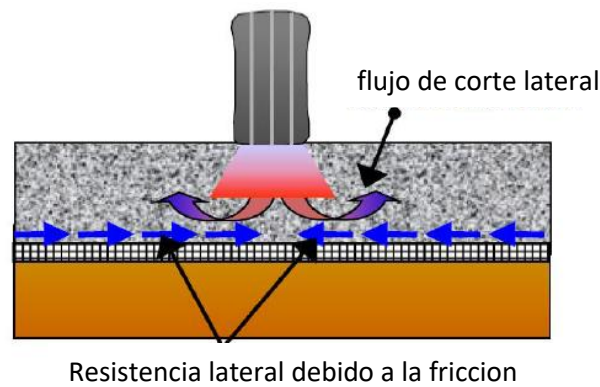
**Fuente:** (Robert M. Koerner, *Diseño con geo sintéticos*. 2012)

Donde:

- $\tau$  = esfuerzo cortante entre suelo- geotextil
- $\sigma_n$  = esfuerzo normal en el plano de corte
- $c_a$  = adhesión del geo sintético al suelo
- $\delta$  = ángulo de fricción entre geo sintético y el suelo

#### 1.5.1.3 TIPO ANCLAJE

Ocurre debido a que el suelo se ubica en ambos lados del geo sintético, una fuerza de fricción y trabazón es generada en la interface suelo-refuerzo. Debido a éste mecanismo la deformación lateral o deformación por tracción es reducida dando como resultado una reducción en las deformaciones verticales. Además, mejorando el confinamiento lateral se incrementa la resistencia a la compresión del suelo por lo tanto se incrementa la carga de hundimiento.



*Gráfico 1-8 Mecanismo de Confinamiento Lateral. Fuente: (Perea,2012)*

### 1.5.2 MEJORA DE LA CAPACIDAD DE CARGA CON GEO SINTÉTICOS

Resultados de laboratorio de (Vito A. Guido, 1986) Demostró en modelos de ensayos a escala que: “la capacidad de carga puede aumentar para aquellas capas de geo malla y geotextil donde la primera capa esté más cerca de la base y el espacio entre las capas sea el más pequeño. También observo que la capacidad de carga aumentó directamente al aumentar la resistencia a la tracción del refuerzo para el geotextil; sin embargo, para la geomalla, el tamaño de la abertura y la resistencia a la tracción del refuerzo deben considerarse simultáneamente”.

En el *Gráfico 1.9* se muestra un sistema multicapas de geotextil no tejido en arena suelta bajo una cimentación rectangular, se puede observar que se mejora el soporte del suelo después de que haya ocurrido un asentamiento inicial, por otro lado, a su derecha se encuentra una muestra de arcilla con capas de geotextil tejido, se puede observar el mismo comportamiento que el caso anterior. Sin embargo, se nota un ligero aumento de la carga de presión y un menor asentamiento.

Se podría afirmar que se puede esperar una mejora de la capacidad de carga solo después de haber ocurrido un asentamiento inicial.

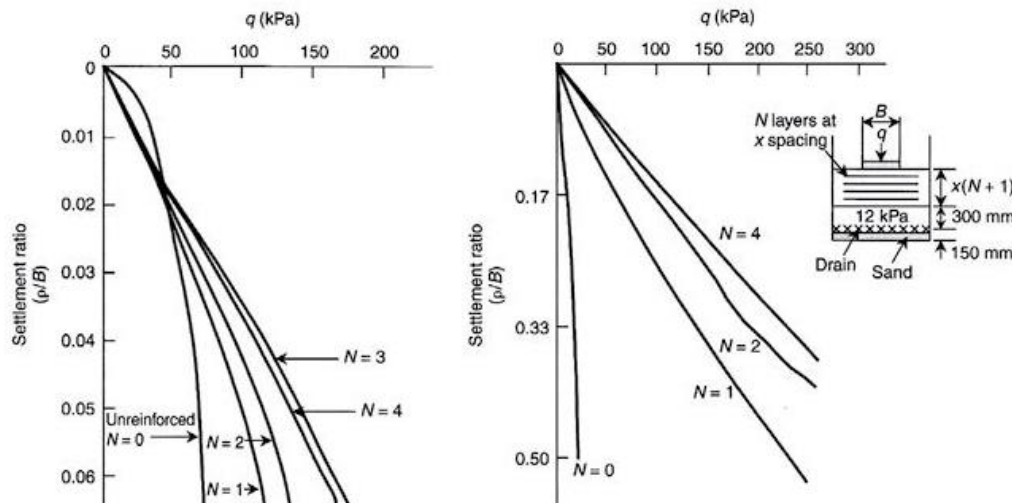


Gráfico 1-9 Curvas carga vs asentamiento; Izquierda geotextil no tejido espaciado cada 140 mm en una arena con densidad moderada ( $D_r = 50\%$ ) usando una cimentación cuadrada de 560 mm de lado. Derecha, Geotextil tejido espaciado cada 40 mm en una arcilla saturada usando una cimentación circular de 150 mm de diámetro.

**Fuente:** (Koerner, 2012)

El autor recomienda tener especial cuidado el uso de las gráficas, debido a que se desconoce la variación que exista debido a efectos de escala, es por ello que para el diseño se deberá tomar en cuenta cuatro modos de falla que de igual forma se presenta en el uso de geo mallas (Koerner, 2012);

- a) Falla por capacidad de carga sobre la primera capa de geotextil; es posible que ocurra si la capa superior de geotextil se encuentra a más de 300 mm de la superficie.
- b) Insuficiente longitud de empotramiento; se da cuando el geotextil no se extiende lo suficiente debajo de la zona de falla para optar de un óptimo anclaje.
- c) Falla por tensión o arrancamiento debido a esfuerzos de retención que sobrepasan la capacidad del material polímero.
- d) Excesivo asentamiento a largo plazo (creep); esta falla ocurre debido a la relajación progresiva de la superficie de soporte y consecuentemente de la tensión que sufre el geotextil, el cual puede ser evitado si se respeta el mínimo esfuerzo permitido del geotextil

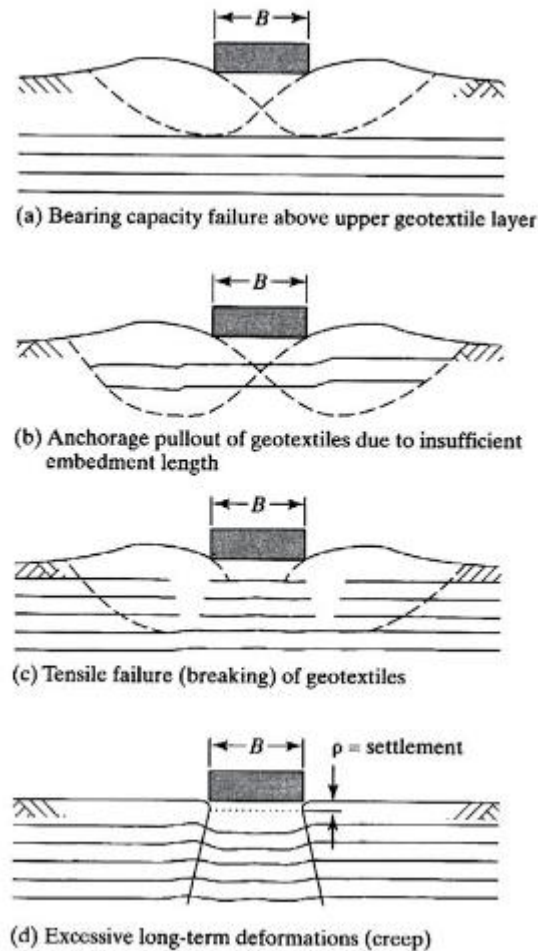


Gráfico 1-10 Posibles modos de falla de cimentaciones superficiales reforzados con geo sintéticos (Koerner, 2012)

### 1.5.3 FACTORES DE SEGURIDAD CONTRA RUPTURA Y SAFADURA

Durante la etapa diseño existen ciertos factores de seguridad debido a que podría existir una mala instalación, o algún desperfecto de fábrica en las características del material geosintético. Esto se debe a que el diseño se realiza tomando en cuenta la función para la cual se hará la selección del geo-sintético, en nuestro caso reforzamiento y separación.

El factor de seguridad será el resultado de dividir el valor del ensayo típico de la propiedad relevante para la función principal (valor admisible), entre el valor requerido para dicha propiedad obtenido según algún método o norma de diseño representativo del caso en específico.

$$FS = \frac{\text{Valor admisible}}{\text{Valor requerido}} \quad (1.4)$$

**Fuente:** (Manual de diseño con geo sintéticos, Geo sistemas Pavco S.A. 2009)

Si el factor de seguridad obtenido es suficientemente mayor que la unidad, el geo-sintético seleccionado es el adecuado.

En el manual de diseño con geo-sintéticos (PAVCO,2011) especifica valores recomendados a tomar en cuenta para aplicaciones en función al reforzamiento y área de trabajo con geo-sintéticos, de tal manera se proporcione un grado de seguridad ante daños por instalación, fluencia o creep y degradación química y biología.

Tabla 1-1 Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de separación y refuerzo

Área	Daños por instalación	Fluencia	Degradación Química/Biológica
	FR <sub>D</sub>	FR <sub>F</sub>	FR <sub>DB</sub>
Separación	1.1 a 2.5	1.5 a 2.5	1.0 a 1.5
Caminos no pavimentados	1.1 a 2.0	1.5 a 2.5	1.0 a 1.5
Muros de contención	1.1 a 2.0	2.0 a 4.0	1.0 a 1.5
Terraplenes sobre suelos blandos	1.1 a 2.0	2.0 a 3.5	1.0 a 1.5
Fundaciones	1.1 a 2.0	2.0 a 4.0	1.0 a 1.5
Estabilización de taludes	1.1 a 1.5	2.0 a 3.0	1.0 a 1.5
Ferrocarriles	1.5 a 3.0	1.0 a 1.5	1.5 a 2.0

**Fuente:** (Manual de diseño con geo sintéticos, Geo sistemas Pavco S.A. 2009)

Tabla 1-2 Factores de reducción para geo mallas en aplicaciones de refuerzo

Área	Daños por instalación	Fluencia	Degradación Química/Biológica
	FR <sub>D</sub>	FR <sub>F</sub>	FR <sub>DB</sub>
Caminos no pavimentados	1.1 a 1.6	1.5 a 2.5	1.0 a 1.6
Caminos pavimentados	1.2 a 1.5	1.5 a 2.5	1.1 a 1.7
Terraplenes sobre suelos blandos	1.1 a 1.4	2.0 a 3.0	1.1 a 1.5
Estabilización de taludes	1.1 a 1.4	2.0 a 3.0	1.1 a 1.5
Muros de contención	1.1 a 1.4	2.0 a 3.0	1.1 a 1.5
Fundaciones	1.2 a 1.5	2.0 a 3.0	1.1 a 1.6

**Fuente:** (Manual de diseño con geo sintéticos, Geo sistemas Pavco S.A. 2009)

## 1.6 DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

El diseño de cimentaciones superficiales consiste en encontrar el equilibrio entre las cargas que actúan directamente del edificio, y las reacciones que ocurren en el suelo, además se debe tomar en cuenta que las cargas que se transmiten a la cimentación y se disipan en el

suelo dan lugar a desplazamientos totales y diferenciales en la interface de la estructura de cimentación y el suelo.

La configuración de esfuerzos y deformaciones en la superficie de contacto depende de la rigidez de la estructura, de la rigidez de la cimentación, la deformabilidad del suelo y la distribución de cargas aplicadas sobre la estructura de la cimentación (Wood, 1990), De aquí que se debe añadir para el diseño el concepto de interacción suelo estructura.

para el cálculo y diseño estructural de cimentaciones superficiales se presentan modelos como; El método rígido convencional, el método flexible aproximado, el método de las diferencias finitas y el método de elementos finitos.

### **1.6.1 INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA**

El suelo de fundación presenta menor resistencia y mayor deformación que la cimentación que se apoya directamente en él. El suelo tiene un comportamiento completamente diferente a la cimentación de concreto, sin embargo, al estar en contacto directo es necesario entender su comportamiento en conjunto para un análisis más aproximado ante acciones de fuerzas estáticas y dinámicas.

(Zeevaert, 1980) afirma que “La interacción entre la estructura de la cimentación y el suelo consistirá en encontrar un sistema de reacciones que aplicadas simultáneamente a la estructura de cimentación y la masa de suelo produzcan la misma configuración de desplazamiento diferenciales entre los dos elementos” (pg. 11). Para el correcto análisis de la cimentación entonces será necesario entender el suelo como un medio continuo lo que quiere decir que la acción en cualquier punto ejerce una influencia en cualquier otro punto.

### **1.6.2 MODELO DINÁMICO SUELO ESTRUCTURA CONSIDERANDO LA FLEXIBILIDAD DE LA BASE DE CIMENTACIÓN**

Para la etapa de cálculo de una edificación tradicionalmente se considera un empotramiento perfecto entre las columnas y la cimentación, la interacción suelo estructura nos lleva a una formulación más aproximada.

Para analizar un problema de interacción suelo estructura se admite la concepción de flexibilidad elástica en la base de fundación llegando al siguiente esquema de fijación de la base de un péndulo invertido sobre una cimentación de ancho “c”. Se puede observar en la siguiente imagen que las conexiones elástico-flexibles, cumplen con las condiciones de un sistema geoméricamente invariable y surgen las tres fuerzas de reacción (Genner Villarreal, 2009).

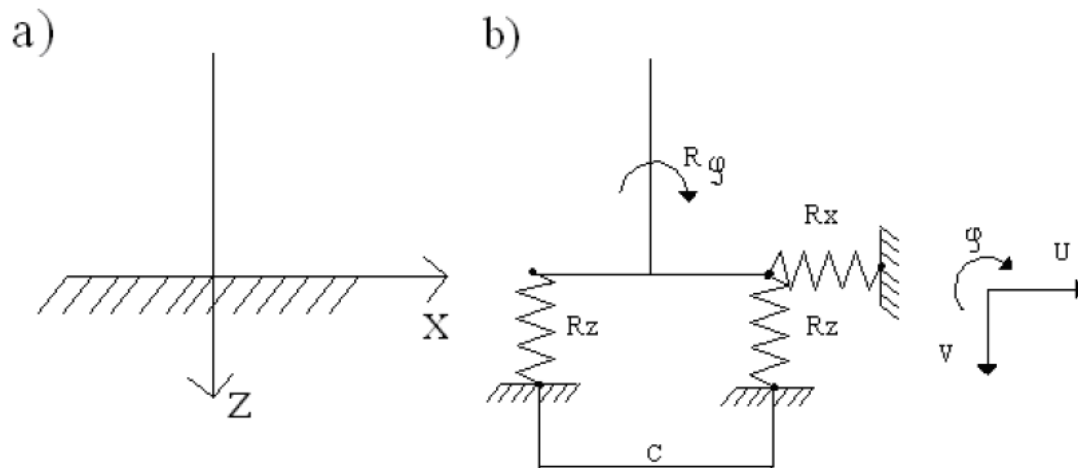


Gráfico 1-11 Esquema de cálculo de las condiciones de fijación de la estructura tipo péndulo invertido: a) empotramiento en la base b) Esquema considerando la flexibilidad de la base de fundación (Genner Villarreal, 2009)

Debido a la complejidad del comportamiento del suelo real, para la interacción del suelo y la estructura, se utiliza modelos idealizados de suelos, es decir suelos ideales concretados por la expresión matemática de la relación carga-asentamiento. Uno de los modelos es el modelo de Winkler (1967), que representa al suelo como un sistema de resortes lineales, bajo la suposición de que las presiones de contacto son proporcionales a las deformaciones.

Los análisis de los modelos pueden ser resueltos mediante diferentes métodos matemáticos de cálculo, dentro de los cuales se encuentran los métodos numéricos, que se basan en la solución del problema mixto de contorno que plantea la solución de la ecuación diferencial. Uno de los métodos que se puede distinguir es el método de las diferencias finitas, y el método de los elementos finitos, que es empleada de forma directa, estos últimos permiten aplicar soluciones matriciales, y ecuaciones algebraicas simultaneas que se pueden resolver por medio de programación computarizada (LAURA, 2016).

### 1.6.3 MODELO DE RESORTES BASADOS EN LA TEORÍA DE WINKLER

El método de cálculo más utilizado para modelar la interacción entre estructuras de cimentación y suelo, supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos, conocido como modelo de Winkler. A la constante elástica de estos resortes supuestos se le refiere como coeficiente de reacción de la sub rasante. El coeficiente se puede definir como;

$$k = \frac{q}{\Delta} \quad (1.5)$$

**Fuente:** (Das Braja M. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2011)

Donde:

- $q$  = carga unitaria
- $\Delta$  = asentamiento

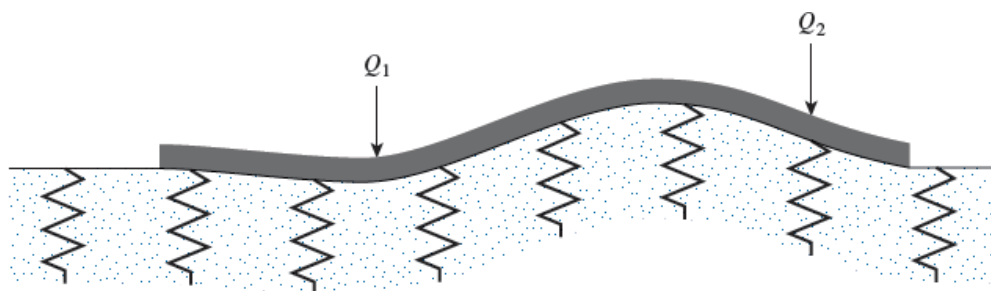


Gráfico 1-12 Suelo equivalente a sistema de resortes elásticos (Das, 2011)

Para poder entender este modelo para diseño de cimentaciones flexibles se muestra el ejemplo típico de la viga elástica de Winkler, de longitud infinita y ancho  $B$  a la cual se le aplica una carga puntual concentrada.

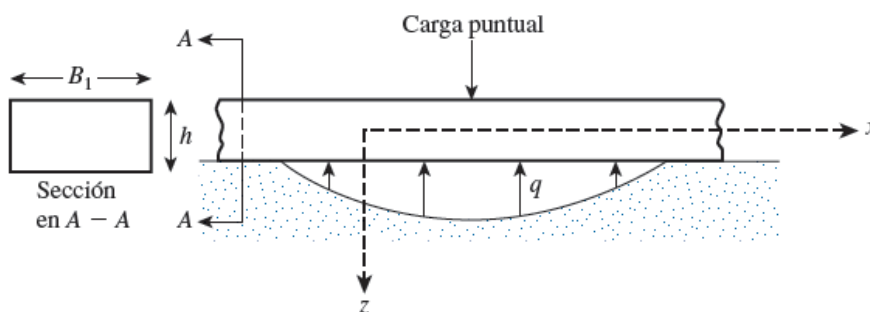


Gráfico 1-13 Viga elástica de Winkler (Das, 2011)

Suponiendo  $z$  como la dirección del asentamiento vertical y partiendo de la ecuación diferencial básica de la curva de deflexión de una viga, de los conceptos de mecánica de materiales se tiene la ecuación.

$$M = EI \frac{d^2z}{dx^2}$$

Además, se entiende que la razón de cambio del momento en cualquier punto de la viga es igual a su fuerza cortante, y de igual manera la razón de cambio del cortante en cualquier punto de una viga es igual a la intensidad de la carga en ese mismo punto:

$$q = \frac{dV}{dx} \quad y \quad V = \frac{dM}{dx} \quad \therefore \quad q = \frac{d^2M}{dx^2}$$

La carga en función del desplazamiento se expresa en la siguiente ecuación;

$$q = EI \frac{d^4 z}{dx^4}$$

Si la carga la relacionamos en función del coeficiente de reacción  $k$  y un asentamiento  $z$  se tiene;

$$-zk = EI \frac{d^4 z}{dx^4}$$

De la ecuación anterior (Das, 2011, pág. 310) simplifica esta ecuación diferencial como sigue para poder determinar el asentamiento  $z$  de una cimentación flexible;

$$z = e^{-\alpha x} (A' \cos \beta x + A'' \operatorname{sen} \beta x)$$

Donde  $A'$  y  $A''$  son constantes, además;

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Bk}{4EI}}$$

El parámetro  $\beta$  según el American Concrete Institute Committee 336 -2R(88) define el diseño que se deberá usar para la cimentación, que si el espaciamiento de las columnas en una franja es menor que  $1.75/\beta$  se debe diseñar mediante el método rígido convencional pero si en caso el espaciamiento de las columnas es mayor que  $1.75/\beta$  se deberá diseñar con el método flexible aproximado.

#### 1.6.4 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE REACCIÓN O COEFICIENTE DE BALASTO

Como se mencionó anteriormente el Coeficiente de Balasto  $k$ , es la relación que existe entre la presión debido a una carga y el asentamiento o deformación sobre el suelo. dicho coeficiente no es un parámetro intrínseco del suelo, por lo que dependerá del tipo de terreno, de la magnitud de la carga aplicada, la geometría de la cimentación y la profundidad de empotramiento.

Una forma de determinar el coeficiente de balasto es por el ensayo de placa base, que es una prueba de carga en campo con placas cuadradas de 30x30cm que se pueden relacionar con cimentaciones cuadradas que miden  $B \times B$ . Donde la tensión debe ser capaz de generar una penetración de la placa en el terreno de 5% que equivale a una deformación de 0,127 cm, es decir que este coeficiente es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva “tensión – deformación” que genera un asentamiento de la placa de 0,127 cm, como se aprecia en la figura adjunta (José, 2005).

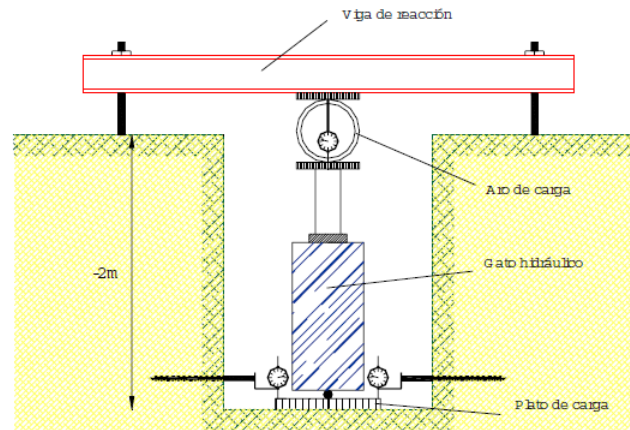


Gráfico 1-14 Ensayo de placa Base (José, 2005)

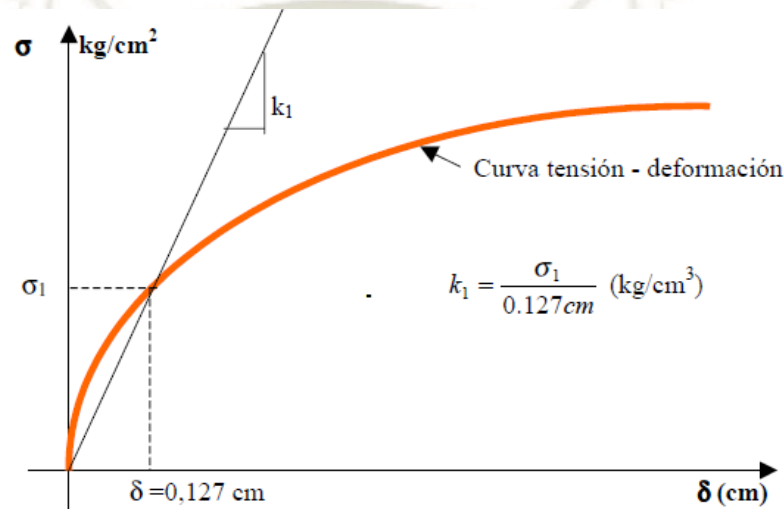


Gráfico 1-15 Curva Tensión Deformación ensayo de la Placa Base (José, 2005)

Con los resultados de este ensayo en campo se puede determinar el coeficiente de Balasto en función del asentamiento elástico del terreno con la siguiente expresión.

$$k = \frac{q}{y} = \frac{E}{B(1 - \nu^2)I} \quad (1.6)$$

**Fuente:** (Das Braja M. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2011)

Una alternativa para la obtención del módulo de balasto de manera indirecta sería utilizar el gráfico que presenta el manual de diseño de NAVFAC 1986 que muestra la correlación entre el coeficiente de reacción y la densidad relativa del terreno valor que se determinó de los ensayos de laboratorio.

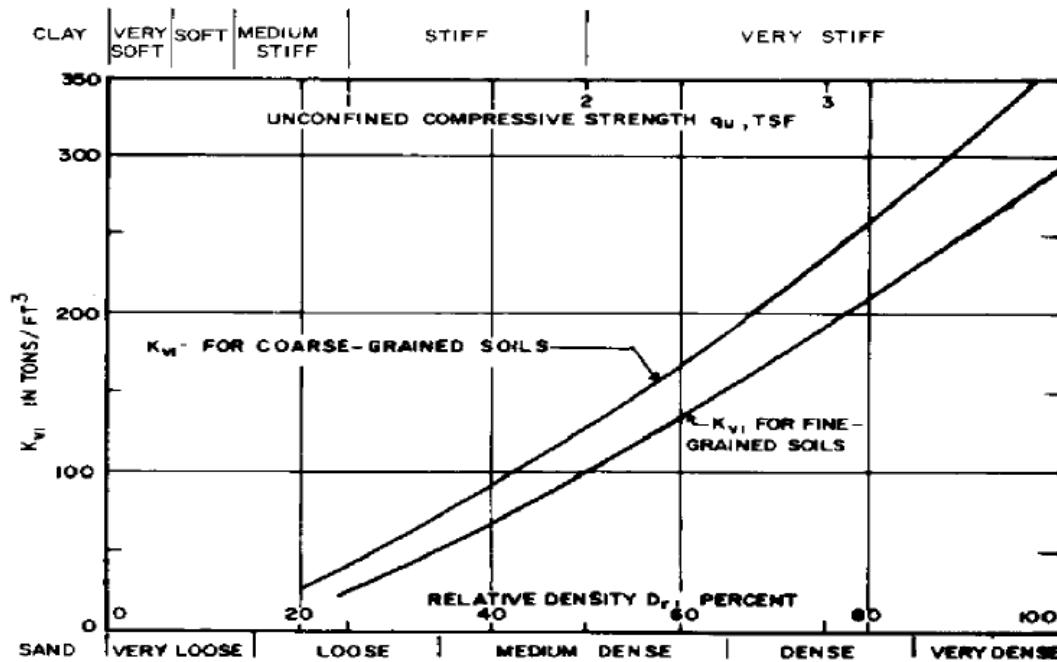


Gráfico 1-16 Correlación densidad relativa y módulo de reacción vertical

**Fuente:** Manual de diseño de NAVFAC 1986

Donde se define como;

$K_{vi}$  = Módulo de reacción Vertical

$D_r$  = Densidad relativa

En la anterior grafica se analiza el Limo como un *Coarse grained soil* con un módulo de Elasticidad que se incremente acorde a su profundidad, los valores de  $K_{vi}$  mostrados se aplican a suelos secos con el nivel freático a una profundidad de 1.5 veces el ancho B de la cimentación, en caso que el agua se encuentre en la base de la cimentación usar  $K_{vi}/2$  (Naval Facilities Engineering Command NFAC, 1983).

Según las condiciones de nuestro caso de estudio se determina un valor de coeficiente de Balastro de aproximadamente 140 ton/ft<sup>3</sup> o 460 ton/m<sup>3</sup> para una densidad relativa de 53%, debido a que el nivel freático se encuentra cerca a la base de la cimentación seguiremos la recomendación del manual de diseño de NAVFAC que divide el módulo de reacción vertical entre 2, teniendo finalmente un  $K_{vi} = 230 \text{ ton/m}^3$

### 1.6.5 METODO FLEXIBLE APROXIMADO PARA LOSAS DE CIMENTACION

Este método Fue propuesto por el Instituto Americano del Concreto en 1966 basado en la teoría de placas. El diseño se fundamenta en la solución de una viga de fundación sobre un medio elástico como el suelo y en la relación proporcional entre las cargas aplicadas y los asentamientos producidos (coeficiente de Balasto). el American Concrete Institute 336 2R (88) como se citó en (Das, 2011) propone el procedimiento de diseño flexible aproximado paso a paso:

- a) Primero Se supone un espesor  $h$  para la losa
- b) Se calcula la rigidez a la flexión  $R$  de la losa propuesta por Westergaard (1926)

$$R = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}$$

- $E$  = Modulo de Elasticidad del Material de Cimentación
- $\mu$  = Relación de Poisson del material de Cimentación
- c) radio de rigidez efectiva en función del coeficiente de reacción del subsuelo, este valor indicara la zona de influencia de cualquier carga de columna amplificado por 3.5 veces su valor  $L'$

$$L' = \sqrt[4]{\frac{R}{k}}$$

- d) seguidamente se determina el momento tangencial y radial (coordenadas polares) en cualquier punto causado por las cargas en la columna

$$M_r = -\frac{Q}{4} \left[ A_1 - \frac{(1 - \mu^2)A_2}{\frac{r}{L'}} \right]$$

$$M_t = -\frac{Q}{4} \left[ \mu A_1 - \frac{(1 - \mu^2)A_2}{\frac{r}{L'}} \right]$$

Donde:

- $r$  = distancia radial desde la carga de la columna
- $Q$  = carga sobre la columna
- $A_1$  y  $A_2$  = funciones de  $r/L'$

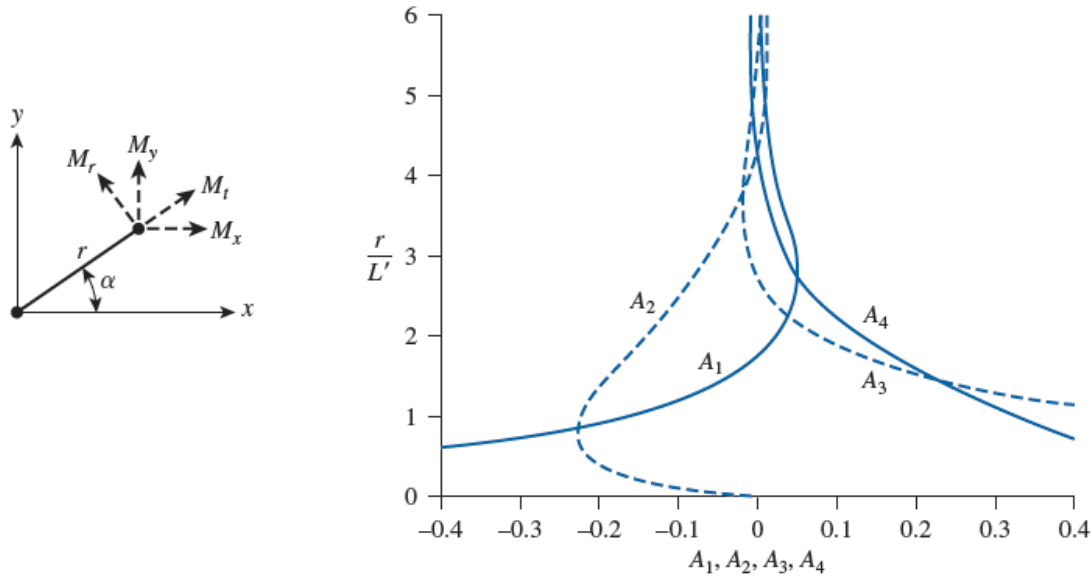


Gráfico 1-17 Variación de A1 y A2 con  $r/L'$  (Hetenyi, 1946)

En el sistema coordenado cartesiano

$$M_x = M_t \operatorname{sen}^2 \alpha + M_r \operatorname{cos}^2 \alpha$$

$$M_y = M_t \operatorname{cos}^2 \alpha + M_r \operatorname{sen}^2 \alpha$$

- e) Para el ancho unitario de la losa, se determina la fuerza cortante  $V$  causada por una carga de columna:

$$V = \frac{Q}{4L'} A_3$$

Si el borde de la losa está ubicado en la zona de influencia de una columna, se determina el momento y el cortante a lo largo del borde. (Se supone que la losa es continua). Un momento y una fuerza cortante opuestos en signo a los determinados se aplican en los bordes para satisfacer las condiciones conocidas.

- f) La deflexión en cualquier punto está dada por:

$$\delta = \frac{QL'^2}{4R} A_4$$

La variación de  $A_3$  y  $A_4$  con  $r/L'$  se muestra en el gráfico 6-6

El diseño de una cimentación flexible se basa en predicción de los asentamientos, y la curvatura máxima a la que pueda quedar sujeta la cimentación, Se deberá escoger el peralte de losa y la cantidad de refuerzo de manera que no se produzcan grietas suficientemente grandes como para que se den filtraciones de aguas subterráneas. Es usual que se prefiera el uso de una cimentación flexible para disminuir los costos que implicarían el uso de una cimentación rígida.

### 1.6.6 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Actualmente se han dejado de lado los métodos clásicos para el diseño de cimentaciones usando como alternativa métodos de diseño que aportan soluciones más precisas como es el método de las diferencias finitas y del elemento finito.

El método de elemento finito es un método matemático de cálculo, dentro del cual se encuentran los métodos numéricos que resuelve sistemas de ecuaciones algebraicas simultáneas. (Zeevaert, 1980) Afirma que “para poder aproximar el comportamiento del suelo se considera este como un modelo de medio continuo donde la acción en un punto  $i$  ejerce una influencia en otro punto  $j$  de ella. Es por ello que el estudio se da a partir de un proceso de discretización que consiste en la división del sistema analizado en múltiples subdominios (elementos)”. Los problemas discretos son fáciles de resolver con ayuda de programas de cómputo aun cuando el número de elementos es elevado, debido a que las computadoras tienen una capacidad finita de cálculo.

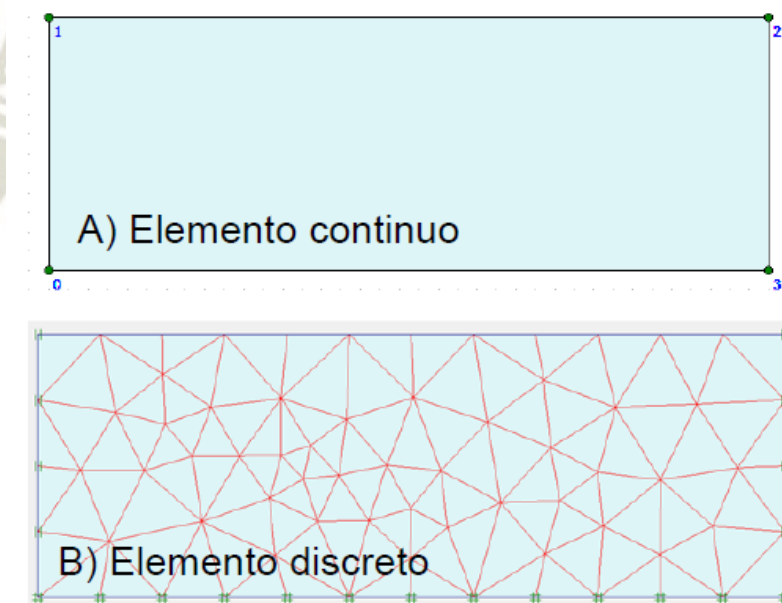


Gráfico 1-18 Discretización de un elemento continuo

**Fuente:** (VALANDIA, 2016)

El uso del método de elementos finitos aplicado a problemas geotécnicos es muy reciente a diferencia de programas de cálculo de estructuras que mucho antes ya se habían desarrollado. Esto se debe a la complejidad y la variabilidad de los suelos que por ser heterogéneos varían según su origen natural. Por otro lado el modelo es más complejo debido a que las condiciones geométricas de los dominios de cálculo que se ven

dependientes de la topografía y de la formación geológica de los suelo, además el nivel del agua causara gran influencia en la resolución de los resultados debido a que se deberá tratar con tenciones efectivas y no totales (CANCHARI, 2013).

Los programas de elementos finitos aplicados a cimentaciones y geotecnia contemplan en el modelamiento la estructura de concreto y del suelo de manera simultánea, considerando que para el cálculo de la distribución e identificación de presiones de contacto será entre materiales de diferente rigidez y sobre un suelo de rigidez variable, lo que no se podía idealizar con los métodos convencionales.

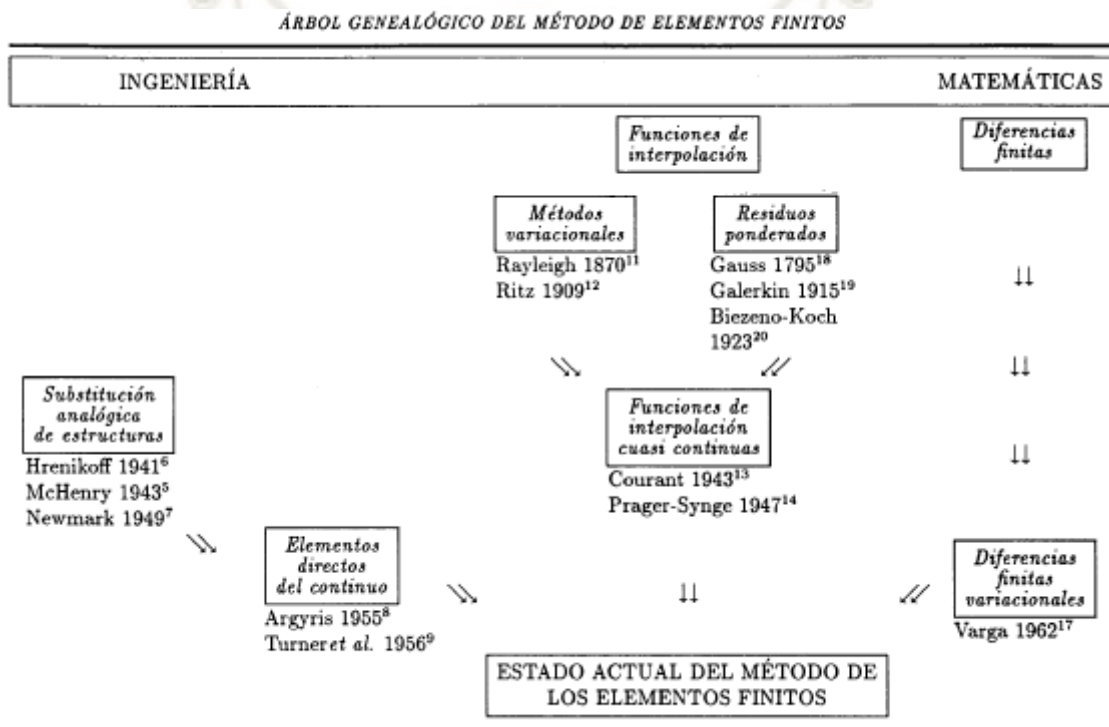


Gráfico 1-19 Evolución y desarrollo de los Principales iniciadores del método de elementos finitos a través del tiempo. **Fuente:** (Zienkiewicz, 1994)

## CAPITULO II

### 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el constante crecimiento en nuestra ciudad ha generado que nuevas urbanizaciones se asienten en zonas donde el suelo presenta condiciones desfavorables, lo cual obliga a optar diseños de cimentaciones con mayores dimensiones y alternativas más costosas, para proporcionar el soporte óptimo y estabilidad a la edificación.

#### 2.1 DESCRIPCION DE PROYECTO

Se pretende realizar el análisis y diseño de la cimentación para una edificación de 5 pisos compuesto por pórticos de concreto armado, un factor determinante para la elección del tipo de cimentación fue la baja capacidad de soporte del suelo y el nivel freático alto que presenta la zona en estudio, en una primera instancia no se veía conveniente el uso de zapatas aisladas, se incrementaron el área de su sección transversal de tal forma que se superponían y generaban problemas de asentamientos, en consecuencia se optaron por otros diseños que optimizaron la cimentación, se planteó el uso de platea de cimentación y zapatas reforzadas con geo sintéticos.

##### 2.1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en la zona de Bella Pampa Distrito de Socabaya de la provincia Arequipa, a una latitud de  $16^{\circ}27'15.36''S$  y a una longitud  $71^{\circ}32'19.32''Os$ . Según un estudio de sitio de microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa (Bardales, 1979) la describe como zona de baja capacidad portante y nivel freático alto.

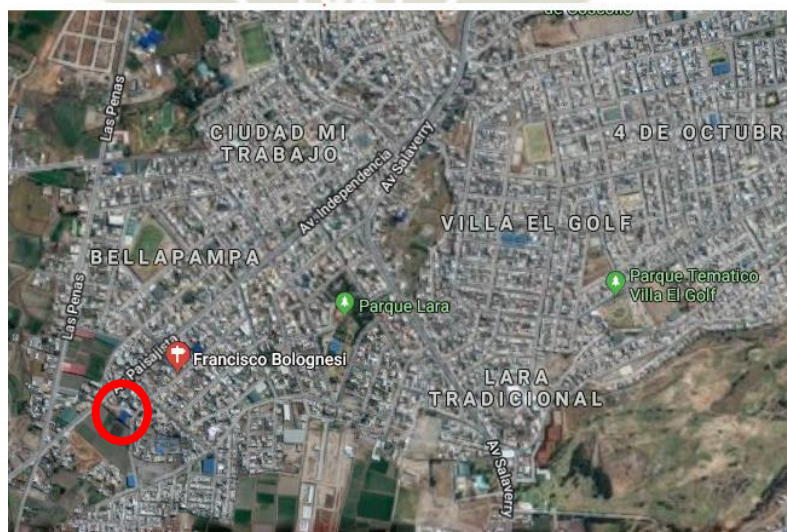


Gráfico 2-1 Vista satelital general de la zona en estudio. Fuente:(Google maps)

### **2.1.2 SITUACION ACTUAL DEL TERRENO**

Durante la etapa de excavación y recolección de muestras se pudo corroborar la existencia de suelos aluviales blandos con gran cantidad de limos y restos orgánicos, como resultado de estar ubicado y ser anteriormente usado como terreno de cultivo, para la correcta evaluación de la situación del terreno se consideraron dos indicadores importantes como la topografía y la situación del nivel freático actual a la fecha.

### **2.1.3 TOPOGRAFIA**

El terreno presenta un desnivel con pendiente leve menor al 5% hacia el lado posterior del terreno, lo que implicara movimiento de tierras para la nivelación del mismo siendo solo trabajos excavación y desmonte sin recurrir a rellenos, se consideró como nivel de referencia cero el nivel de la rasante de la calle.

Actualmente, existen en el terreno depósitos de rellenos antrópicos, compuesto por residuos, restos de demoliciones, ladrillos, plásticos y demás similares. Este material debe ser removido completamente para la construcción de la cimentación.

### **2.1.4 NIVEL FREÁTICO DE LA ZONA**

Se encontró el nivel freático a una profundidad media de 2.40 m en su punto más alto con respecto al nivel de la superficie del terreno, esto se debe a la presencia de terrenos de cultivo que limitan con el terreno y a las filtraciones subterráneas por su proximidad con el río Socabaya.

Se planteó asentar la base de la cimentación por encima del nivel freático debido a que “las operaciones constructivas debajo del nivel freático presentan dificultades constructivas especialmente en casos de arenas y limos sin cohesión. En estos suelos es frecuente tener que recurrir a la depresión del nivel freático por sistemas especiales de drenaje y protección como única medida operante previa, para poder realizar la excavación y construcción de las fundaciones” (Vargas, 1999) , el abatimiento del nivel freático es una operación que estabiliza el agua a una determinada profundidad existiendo diversos sistemas que deben ser evaluados según las características del suelo y el tipo de edificación.

Un sistema bastante utilizado para rebajar el nivel freático alto en obra es el uso de pozos perforados (wellpoints). El drenaje de acuíferos con equipos well points utiliza un sistema de bombeo por generación de vacío Este sistema es uno de los de mayor economía y de mayor rendimiento en cualquier tipo de suelo y circunstancia hidrológica (ingenierodecaminos.com, 2018).

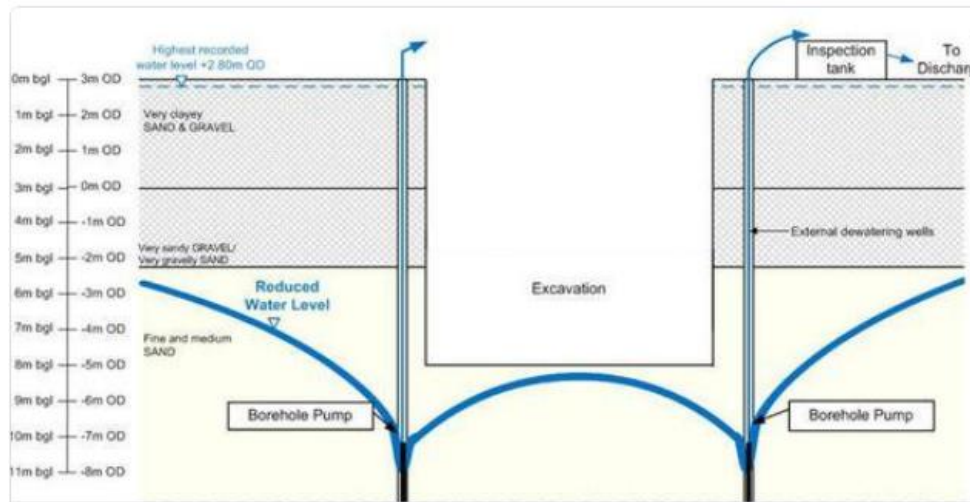


Gráfico 2-2 Vista en perfil sistema well points Fuente: (ingenierodecaminos.com, 2018)

La instalación de drenaje con wellpoints más básica están formadas por un solo equipo situado a un único nivel que puede rebajar el nivel freático unos 4 ó 5 metros, con un sistema de lanzas y mangueras espaciadas cada metro alrededor del perímetro del terreno y un sistema de tuberías (Colecteros) que conectan la bomba de vacíos a las lanzas y permite la aspiración del agua.

Según una cotización con Icom Suministros Mineros Hidráulicos S.A.C. Especialistas en Drenaje de suelos en la ciudad de Lima, el costo de instalación y operación de forma permanente de los Wellpoints durante la duración del proyecto es de 80 mil dólares aproximadamente, valor que incluye los equipos y la mano de obra calificada para su instalación.



Gráfico 2-3 Instalación de los well points a un solo nivel

Fuente: (Fabra, 2005)

## CAPÍTULO III

### 3 MECÁNICA DE SUELOS

La mecánica de suelos es la rama de la mecánica que trata de la acción de fuerzas sobre la masa de los suelos (Villalaz, 2010). tras este concepto se puede añadir que el suelo será sometido a fuerzas externas, y por ende a cierto grado de deformaciones, por consecuencia para apoyar la cimentación de una estructura sobre el mismo, se debe conocer las propiedades de resistencia del suelo para poder determinar el área de contacto de apoyo de modo que se igualen las presiones actuantes con las presiones resistentes del suelo y evitar posibles asentamientos.

#### 3.1 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología de Arequipa según (Yanqui 1990) presenta tres unidades mayores: la cordillera de Laderas, Cadena del Barroso y la penillanura de Arequipa, en esta última se encuentra contenida como sub unidad la superficie de Socabaya (GM-PA-sS), que se extiende al sur-este de la ciudad de Arequipa, y se encuentra nuestro terreno de estudio, se caracteriza por exhibir una textura suave y una tendencia casi horizontal.

#### 3.2 GEOLOGIA REGIONAL

La geología de la ciudad de Arequipa, está conformada por las unidades geológicas ígneas, sedimentarias y metamórficas cuyas edades están en forma discontinua, en el intervalo que va desde el pre-paleozoico hasta el cuaternario reciente, siendo 16 las unidades cartografiadas por Yanqui (1990). El área comprendida entre la Av. Circunvalación, Ciudad Mi Trabajo, Av. Salaverry, y el río Sabandia, en donde se ubican las Urbanización, Bella Pampa, están constituidos por las unidades geológicas flujos de barro, eluvial reciente y la zona pantanosa de origen paludial (González, Bazán, & Dávi, 2002).

#### 3.3 ESTRATIGRAFIA LOCAL

El proyecto se ubica en el sector de Corredor El Golf, del distrito de Socabaya, la cual se caracteriza por la presencia de unidades geológicas del tipo Aluvial, cuyas edades se ubican en el cuaternario holocénico, constituidos por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz con limos, en mayor proporción se encuentra la siguiente unidad estratigráfica.

### 3.3.1 DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES

Se ubican depósitos aluviales recientes denominados como (Qh-al) en el mapa geológico del cuadrángulo de Arequipa proporcionado por INGEMET. Se generaron como producto de aluviones y constituyen el suelo de la mayor parte de las llanuras y depresiones. También se encuentran ocupando el lecho y las laderas de los diferentes riachuelos quebradas y a lo largo de los valles principales, como el Vítor, Chili y Yura, donde se observan terrazas bajas de pequeña extensión y algunos abanicos de deyección depositados por sus tributarios. El material consiste principalmente de gravas o conglomerados poco consolidados arenas y limos (INGEMET, 2017).

El espesor es variable, dependiendo del carácter de la deposición y la configuración topográfica de la superficie sobre la cual se depositaron.

### 3.4 ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS

Los ensayos de laboratorio van contenidos en un informe de mecánica de suelos, los lineamientos básicos para la elaboración de un estudio de mecánica de suelos se encuentran descritos en la RNE. E-050 de Suelos y Cimentaciones.

### 3.5 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Para la obtención de muestras de suelo y la realización de los estudios en laboratorio se realizaron pozos o calicatas. El número de pozos de investigación se determinó en función del tipo de Edificación y el área en metros cuadrados de superficie del terreno a investigar, siendo por lo tanto 3 pozos de investigación ubicados en puntos estratégicos con las siguientes coordenadas.

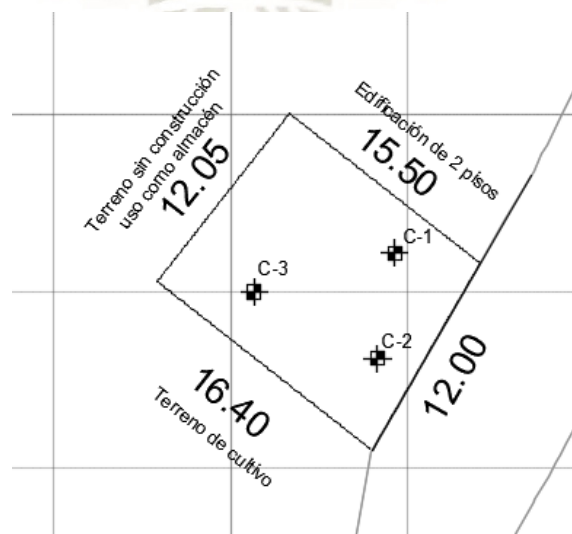


Gráfico 3-1 Ubicación pozos de investigación Vista en Planta **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 3-1 Coordenadas pozos de investigación. **Fuente:** Google Earth

CODIGO	COORDENADAS UTM WGS-84		
	E (m)	N (m)	Z(msnm)
C-1	228933.67 m	8179116.40 m	2278.8
C-2	228914.87 m	8179114.97 m	2279.4
C-3	228934.00 m	8179102.04 m	2279.3

Se ha determinado que el suelo en el terreno está compuesto por 2 estratos: El estrato I, está conformado por un relleno antrópico con presencia de material orgánico. El estrato II, está compuesto por un depósito aluvial reciente de arenas con limo de coloración café oscuro, de compacidad baja y alta humedad siendo este estrato el más adecuado para ser utilizado como terreno de fundación. Finalmente, se hayo un estrato III solo en la calicata 3 el cual resulto ser también una arena limosa con menor peso específico y compacidad suelta de coloración gris claro. Se encontró el nivel freático a 2.40 m en su punto más alto con respecto al nivel de la superficie del terreno.

La topografía del terreno presenta una pendiente menor al 5% con respecto al nivel de la calle lo cual implicara movimiento de tierras para su nivelación a continuación mostramos el perfil estratigráfico general del terreno.

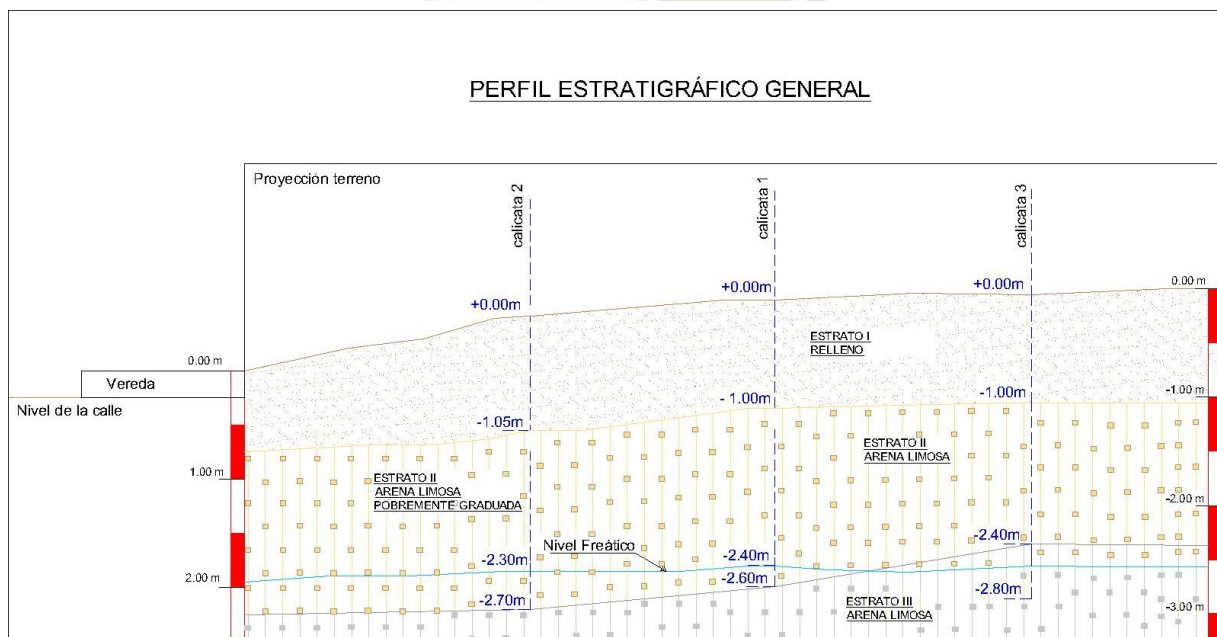


Gráfico 3-2 Perfil Estratigráfico General del Terreno. **Fuente:** Elaboración propia

## PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

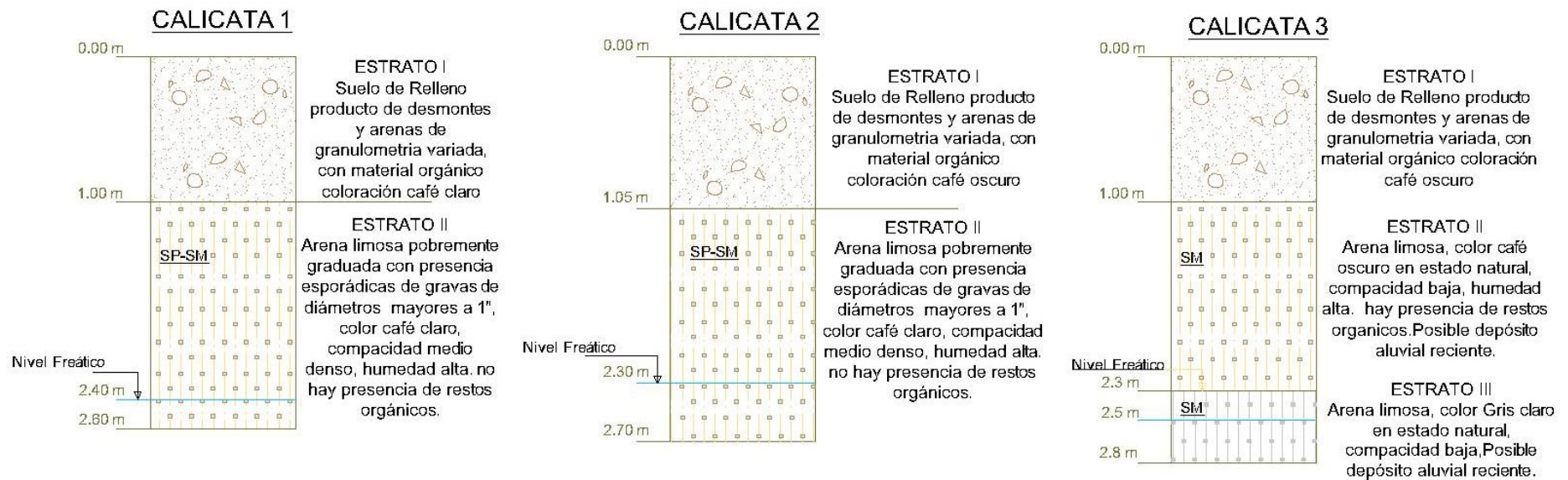


Gráfico 3-3 Perfil Estratigráfico Calicatas. **Fuente:** Elaboración propia

### 3.6 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados proporcionan los datos básicos para la evaluación y elaboración del diseño de la cimentación tomando en cuenta las características geotécnicas que el suelo en estudio presente, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio.

- Análisis Granulométrico (N.T.P. 339.128)
- Determinación de la Humedad Natural (N.T.P. 339.127)
- Clasificación de suelos SUCS. (N.T.P. 339.134)
- Límites de Plasticidad (N.T.P. 339.129)
- Densidad relativa (N.T.P. 339.137)
- Ensayo de Peso específico de sólidos (N.T.P. 339.131)
- Ensayo de Corte Directo (N.T.P. 339.171)

A continuación, presentamos un resumen de los resultados obtenidos en laboratorio. Los cálculos y procedimientos de los ensayos de laboratorio se encuentran en los Anexos.

Tabla 3-2 Clasificación del suelo según su compacidad.

CODIGO	COMPACIDAD
C-1/EST-2	Medio Denso
C-2/EST-2	Medio Denso
C-3/EST-2	Medio Denso
C-3/EST-3	Suelto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3 Resultados de fracciones granulométricas del suelo.

CODIGO	Prof. (m)	FRACCIONES			Límites			Clasificación SUCS
		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
C-1/EST-2	2.60	32.92	57.83	9.25	22	20.7	1.31	SP-SM
C-2/EST-2	2.70	20.09	70.11	9.80	31.5	23.3	8.18	SP-SM
C-3/EST-2	2.40	7.53	79.35	13.12	32	29.4	2.56	SM
C-3/EST-3	2.80	0.40	87.35	12.25	34	29.5	4.45	SM

Fuente: Elaboración propia

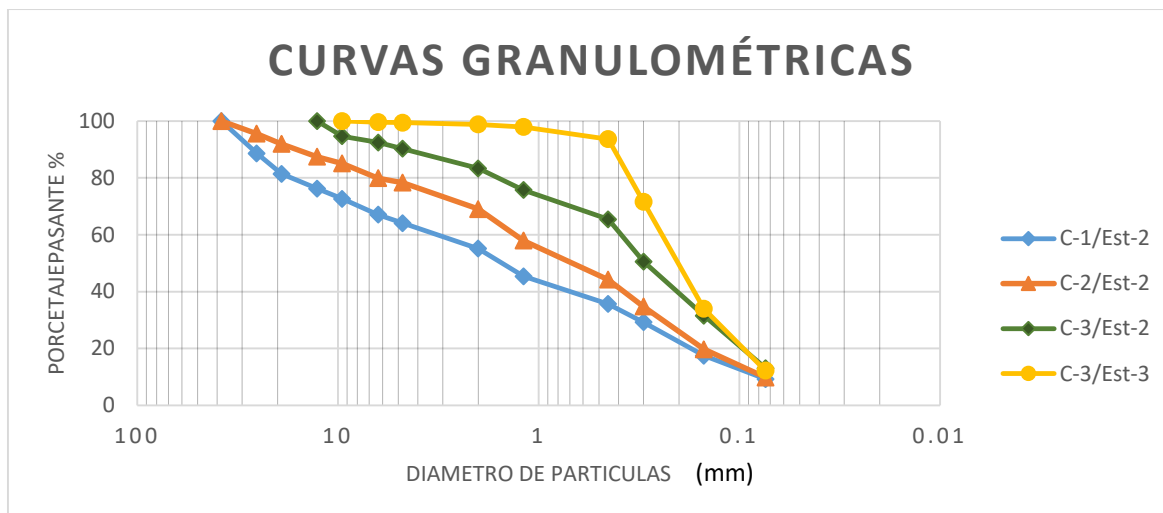


Gráfico 3-4 Curvas Granulométricas **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 3-4 Propiedades de Fase del Suelo

CODIGO	PROPIEDADES DE FASE DEL SUELO							
	$\omega$	Gs	$\gamma$ natural	$\gamma$ seco	$\gamma$ sat	e	S	n
	%		$\text{g/cm}^3$	$\text{g/cm}^3$	$\text{g/cm}^3$		%	%
<b>C-1/EST-2</b>	22.4	2.43	1.91	1.56	1.92	0.56	97.7	35.8
<b>C-2/EST-2</b>	24.4	2.45	1.73	1.39	1.82	0.76	77.8	43.2
<b>C-3/EST-2</b>	37.0	2.47	1.54	1.12	1.67	1.20	76.1	54.5
<b>C-3/EST-3</b>	40.1	2.34	1.49	1.14	1.65	1.04	89.5	51.1

**Fuente:** Elaboración propia

Tabla 3-5 Características mecánicas del Suelo

CODIGO	CARACTERÍSTICAS MECANICAS		
	Angulo de Fricción $\phi$ ( $^{\circ}$ )	Cohesión C ( $\text{kg/cm}^2$ )	Densidad Relativa DR (%)
	<b>C-1/EST-2</b>	35.0	0.23
<b>C-2/EST-2</b>	31.0	0.20	53
<b>C-3/EST-2</b>	31.1	0.10	57
<b>C-3/EST-3</b>	28.8	0.23	17

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.7 SELECCION DEL TIPO DE CIMENTACIÓN Y CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO**

El sistema de cimentación debe evaluarse de manera que los esfuerzos de la súper estructura sean resistidos por el suelo de fundación de manera satisfactoria además deberá proporcionar la estabilidad adecuada a la edificación de tal manera no se genere ningún tipo de falla que afecte al inmueble o los usuarios del mismo. (Vargas, 1999) describe Algunos requisitos básicos que debe cumplir una cimentación satisfactoria.

- a) La cimentación debe estar apropiadamente localizada o protegida respecto a cualquier potencial que influya en las condiciones y dimensiones asumidas en el diseño de la cimentación y por ende alterar su comportamiento.
- b) La cimentación y el suelo portante deben ser estables y seguros respecto a fallas asociadas a la acción de las cargas.
- c) Las cimentaciones no deben asentarse o deflectarse en una magnitud tal que no deteriore la estructura o limite su utilidad.
- d) Las cimentaciones y los procesos constructivos asociados no deben afectar estructuras vecinas o desestabilizar el medio en el cual quede emplazada.

La selección del tipo de cimentación a utilizar dependerá de las condiciones físicas del suelo, la estratigrafía y la ubicación del estrato con mejores características para resistir las cargas y esfuerzos últimos, el régimen hidrológico del sitio es decir si existe presencia de agua que modifique el comportamiento del suelo produciendo contracciones por la pérdida de húmeda e hinchamiento oh expansión del suelo por humedecimiento excesivo.

Uno de los principios básicos del diseño de fundaciones, usado con frecuencia en la práctica, es el de ubicar la base de las zapatas de fundación tan cerca como sea posible del nivel de la superficie claro si al calcular la capacidad portante a esa profundidad presentara valores adecuados (Vargas, 1999). Se tomará en cuenta también factores económicos y constructivos. En nuestro caso por la naturaleza de la edificación y debido a que se encontró el nivel freático a poca profundidad basándonos en el criterio de un sistema de cimentación más económico se optó por la utilización de cimentaciones superficiales.

### 3.7.1 UBICACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN

Para ubicar la profundidad de desplante es decir la profundidad a la cual se asentará la base de la cimentación se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- a) La estratigrafía: se deberá escoger la ubicación del estrato con mejores condiciones. En ningún caso se cimentará sobre rellenos antrópicos que no sea controlados, por ello se escogió el Estrato II para el sistema de cimentación por presentar mejores condiciones en las propiedades del suelo para cimentar.
- b) El nivel freático: se planteó la cimentación por encima del nivel freático para evitar realizar operaciones de drenaje, además se tomó en cuenta que el agua reduce la capacidad portante del suelo debido a la presión de poros, considerando presiones efectivas, también se modificaron las ecuaciones de la capacidad de carga debido a que el nivel freático se encuentra cerca de la cimentación.
- c) Meteorización: no presenta
- d) Congelamiento y agresividad de los suelos: no presenta

Según las condiciones del terreno y las características de la edificación a cimentar se escogió una profundidad de desplante para zapatas aisladas  $D_f = 1.00$  m de tal manera que se proporcione estabilidad estructural de la cimentación, dicha dimensión está conforme a la profundidad de desplante mínima según el RNE. E-050 de suelos y cimentaciones.

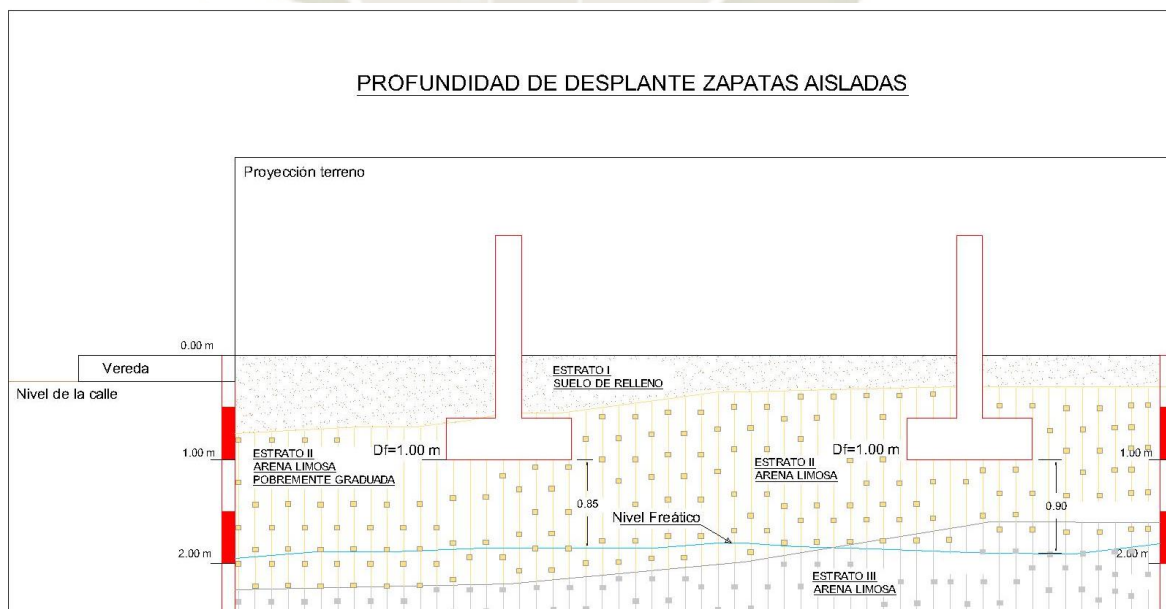


Gráfico 3-5 Profundidad de Desplante para Zapatas aisladas perfil.

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.7.2 CAPACIDAD PORTANTE PARA ZAPATAS AISLADAS

Tomando en cuenta la ecuación general de capacidad de carga propuesta por Meyerhof (1963) que además de incluir el caso de cimentaciones rectangulares en su ecuación toma en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del fondo de la cimentación, y los factores a tomar en cuenta ante cargas inclinadas (Das, 2011).

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i} \quad (3.1)$$

**Fuente:** (Das Braja M. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2011)

Donde:

$c'$  = cohesión (kN/m<sup>2</sup>)

$q$  = esfuerzo efectivo en el fondo de la cimentación (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = peso específico del suelo (kN/m<sup>3</sup>)

$B$  = ancho de la cimentación (m)

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = factores de forma

$F_{cd}F_{qd}F_{\gamma d}$  = factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = factores de inclinación de la carga

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga

- a) Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático.

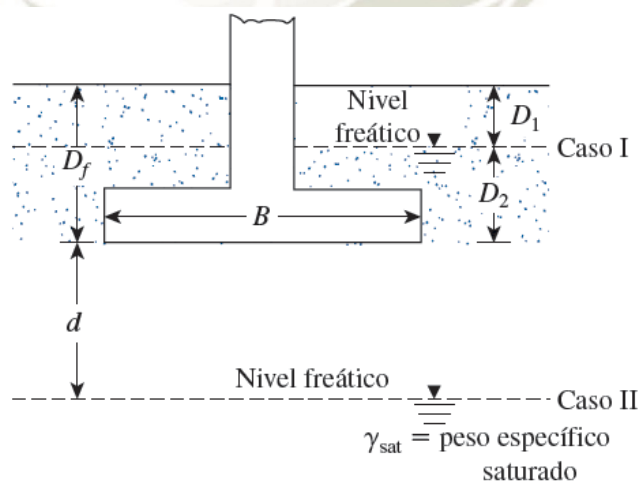


Gráfico 3-6 Ubicación del nivel freático en cimentaciones superficiales.

**Fuente:** (Das, 2011)

Según las condiciones del nuestro terreno nos encontramos en el caso II donde el nivel freático se encuentra de tal forma que  $0 \leq d \leq B$  se modificara el peso específico de las ecuaciones de capacidad portante por la siguiente expresión

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma') \quad (3.2)$$

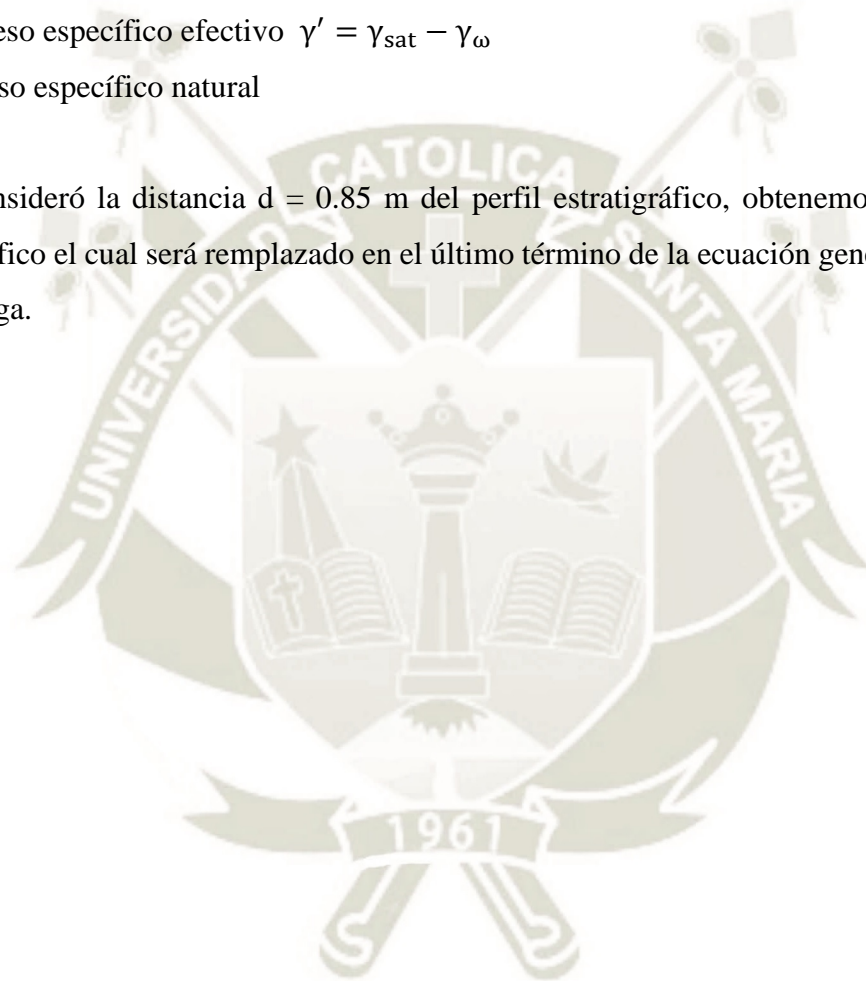
**Fuente:** (Das Braja M. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2011)

Siendo:

$\gamma'$  = peso específico efectivo  $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

$\gamma$  = peso específico natural

Se consideró la distancia  $d = 0.85$  m del perfil estratigráfico, obtenemos un nuevo peso específico el cual será remplazado en el último término de la ecuación general de capacidad de carga.



B= Ancho de la cimentación

L= longitud de la cimentación

D= Profundidad de la Cimentación

ecc. B = Excentricidad en B

ecc. L = Excentricidad en L

$\phi$  = Angulo de fricción

d = Angulo inclinación del terreno de fundación

b = Angulo de inclinación de la Carga

h = inclinación de la Cimentación

$c'$  = Cohesión

ca = Adhesión de la base de la cimentación

$\bar{\gamma}$ = peso específico afectado por el agua

qv = Componente vertical de la carga

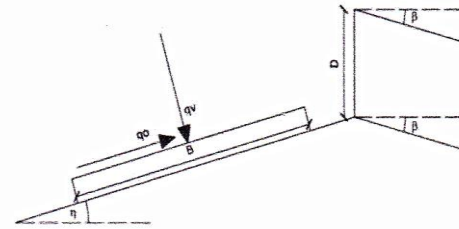
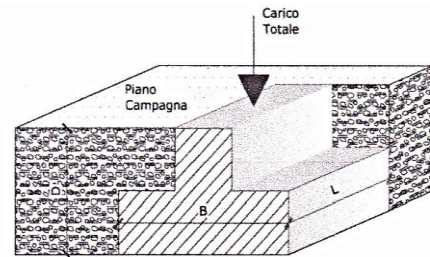
qh = Componente Horizontal de la carga

Kp = Coeficiente de empuje pasivo

Af = Área efectiva de Cimentación

FS = Factor de seguridad

qadm= Capacidad portante



B =	1.20	[m]
L =	1.20	[m]
D =	1.00	[m]
ecc. B	0.00	[m]
ecc. L	0.00	[m]

$\phi$ =	28.8	[°]
d =	0.00	[°]
b =	0.00	[°]
h =	0.00	[°]
$c'$ =	0.20	kN/m <sup>2</sup>

ca =	0.00	
$\bar{\gamma}$ =	11.53	[kN/m <sup>3</sup> ]
qv =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
qh =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
FS =	3.00	

Vesic

N'q =	16.44
N'c =	27.86
N'γ =	19.34

Factores de Forma

Fcs =	1.59009
Fqs =	1.54975
Fγs =	0.60000
Df/B	0.83333

Factores de Profundidad

Fcd =	1.26216
Fqd =	1.24609
Fγd =	1.00000

$$q_{ult} = C * N_C * F_{CS} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

qu=	457.318	kN/m <sup>2</sup>	qadm=	152.439	kN/m <sup>2</sup>	Q=	219.512	kN
-----	---------	-------------------	-------	---------	-------------------	----	---------	----

Se determinó una capacidad portante de **152.4 kN/m<sup>2</sup>**

### 3.7.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACION

Se inicia el diseño considerando zapatas aisladas cuadradas de ancho B se determinará el esfuerzo causado por las cargas proveniente de las columnas sobre el suelo verificando que estén por debajo del esfuerzo permisible que puede soportar el suelo.

Tabla 3-6 Dimensionamiento de la cimentación. **Fuente:** Elaboración Propia

COLUMNA	1.4*CM+1.7*CV (ton)	1.25*CM+1.25*CV+CSX (ton)	0.9*CM+CSXX (ton)	1.25*CM+1.25*CV+CSY (ton)	0.9*CM+CSYY (ton)	MAX VALOR DE EMV (ton)	B (m)	L (m)	AREA ZAPATA (m <sup>2</sup> )	ESFUERZO ACTUANTE < Qadm = 15.2 ton/m <sup>2</sup>
C1	54.24	73.19	55.82	63.82	46.45	73.19	2.50	2.50	6.25	11.71
C2	61.98	58.73	38.23	59.26	38.76	61.98	2.50	2.50	6.25	9.92
C3	64.00	62.12	40.78	60.66	39.32	64.00	2.50	2.50	6.25	10.24
C4	61.63	83.20	62.75	67.61	47.16	83.20	2.50	2.50	6.25	13.31
C5	63.92	64.80	43.51	59.60	38.32	64.80	2.50	2.50	6.25	10.37
C6	86.65	73.66	40.22	73.79	40.35	86.65	2.50	2.50	6.25	13.86
C7	86.68	73.71	40.26	73.81	40.36	86.68	2.50	2.50	6.25	13.87
C8	67.72	67.57	44.67	62.00	39.10	67.72	2.50	2.50	6.25	10.83
C9	64.00	64.03	42.79	56.33	35.09	64.03	2.50	2.50	6.25	10.24
C10	84.41	72.43	39.89	71.73	39.19	84.41	2.50	2.50	6.25	13.51
C11	85.42	72.57	39.59	72.51	39.54	85.42	2.50	2.50	6.25	13.67
C12	68.03	61.15	38.12	59.49	36.46	68.03	2.50	2.50	6.25	10.88
C13	69.54	86.28	64.14	64.67	42.53	86.28	2.50	2.50	6.25	13.80
C14	69.27	87.85	63.25	62.92	38.33	87.85	2.50	2.50	6.25	14.06
C15	85.22	73.10	40.25	72.61	39.75	85.22	2.50	2.50	6.25	13.63
C16	65.20	58.66	36.66	62.44	40.44	65.20	2.50	2.50	6.25	10.43
C17	40.38	60.57	48.99	50.17	38.59	60.57	2.50	2.50	6.25	9.69
C18	40.93	68.49	55.38	42.45	29.34	68.49	2.50	2.50	6.25	10.96
C19	45.62	39.38	22.61	40.11	23.34	45.62	2.00	2.00	4.00	11.41
C20	41.81	45.75	31.97	54.91	41.13	54.91	2.00	2.00	4.00	13.73

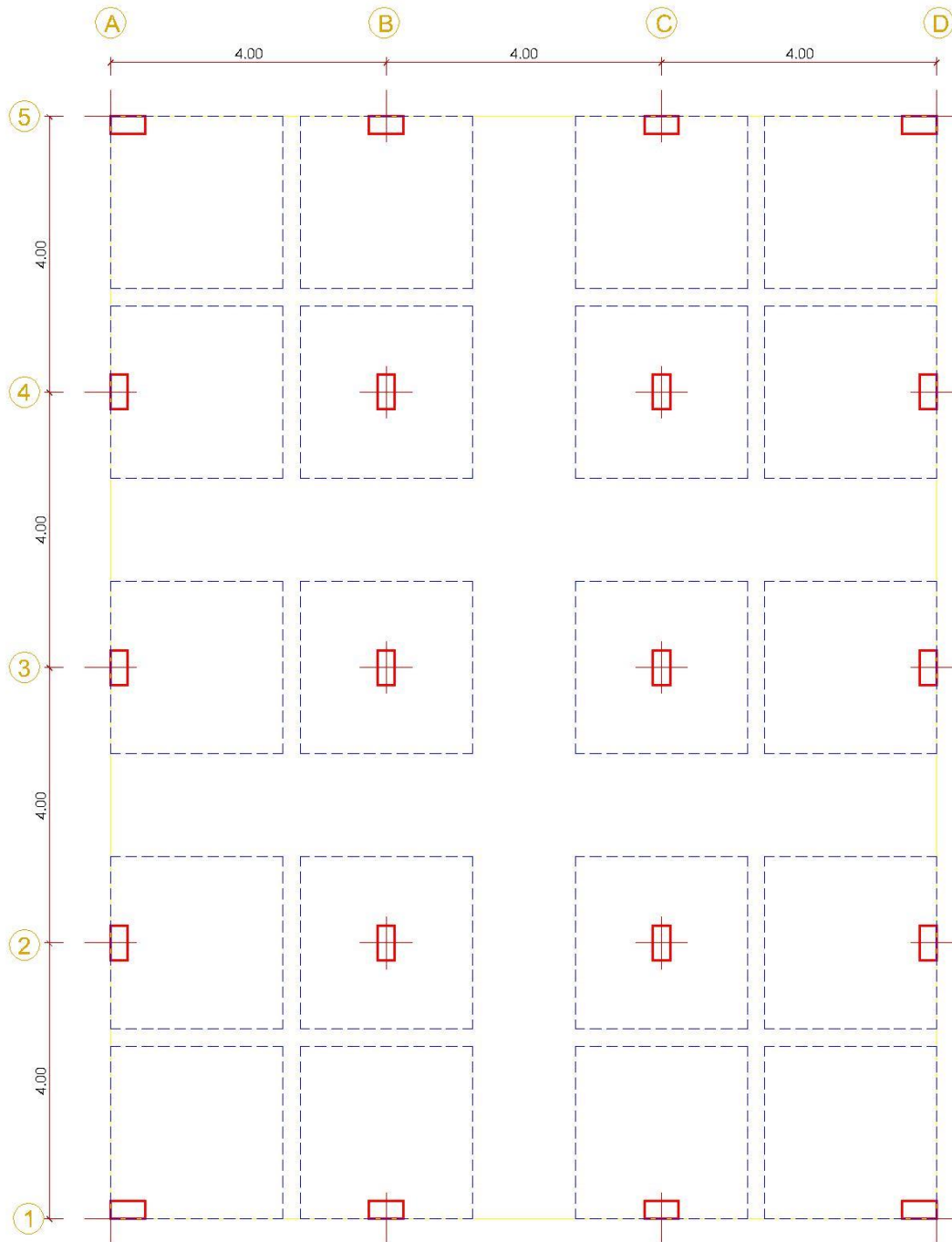


Gráfico 3-7 Distribución de la cimentación

**Fuente:** Elaboración Propia

Debido a que las áreas de contacto de las zapatas en planta representan más del 75% del área del terreno se opta por el uso de una losa de cimentación.

### 3.7.4 CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN

La capacidad de carga de una losa de cimentación se calcula de la misma forma que para cimentaciones superficiales considerando que el ancho  $B$  es la menor dimensión de la losa y que su profundidad de desplante  $D_f$  se considera desde el nivel a la cual se encuentra enterrada hasta el nivel de la superficie del terreno natural, la figura siguiente muestra la diferencia de la relación de estos dos valores entre zapatas aisladas y losas de cimentación.

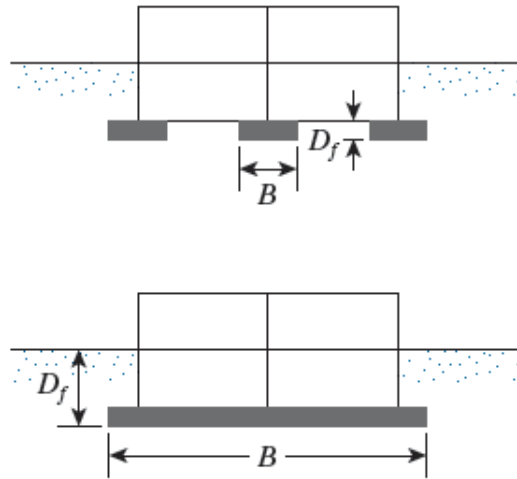


Gráfico 3-8 Comparación de profundidad de desplante de una cimentación aislada y una losa de cimentación  $B =$  ancho,  $D_f =$  profundidad. **Fuente:**(Das, 2011).

En nuestro caso en particular se a considerado una losa de 12 m ancho y una profundidad de desplante  $D_f = 1.00$  m que se encuentra por encima del nivel freático.

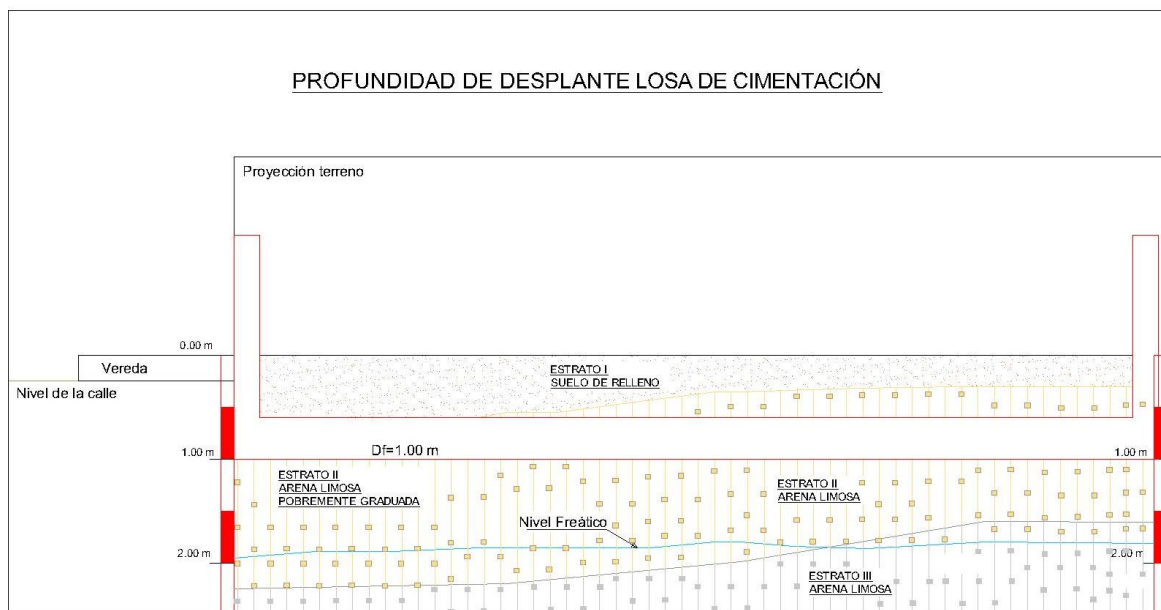
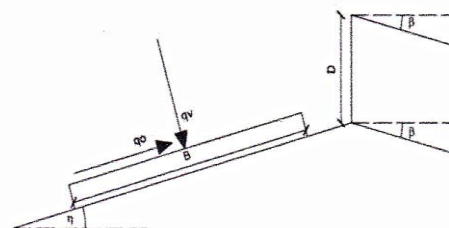
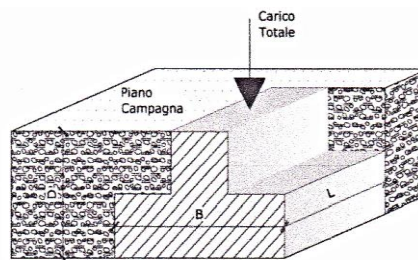


Gráfico 3-9 Profundidad de Desplante losa de cimentación. **Fuente:** Elaboración Propia

- B= Ancho de la cimentación
- L= longitud de la cimentación
- D= Profundidad de la Cimentación
- ecc. B = Excentricidad en B
- ecc. L = Excentricidad en L
- ∅ = Angulo de fricción
- d = Angulo inclinación del terreno de fundación
- b = Angulo de inclinación de la Carga
- h = inclinación de la Cimentación
- c = Cohesión
- ca = Adhesión de la base de la cimentación
- γ = peso específico del suelo
- qv = Componente vertical de la carga
- qh = Componente Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Área efectiva de Cimentación
- FS = Factor de seguridad
- qadm = Capacidad portante



B =	8.76	[m]	∅ =	30.40	[°]	ca =	0.00	
L =	11.80	[m]	d =	0.00	[°]	γ =	5.73	[kN/m <sup>3</sup> ]
D =	0.95	[m]	b =	0.00	[°]	qv =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
ecc. B	0.00	[m]	h =	0.00	[°]	qh =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
ecc. L	0.00	[m]	c =	0.40	kN/m <sup>2</sup>	FS =	3.00	

Vesic

N'q =	18.40
N'c =	30.14
N'γ =	22.40

Factores de Forma

Fcs =	1.453207
Fqs =	1.435548
Fγs =	0.703051
Df/B	0.108447

Factores de Profundidad

Fcd =	1.03281
Fqd =	1.03105
Fγd =	1.00000

$$q_{ult} = C * N_C * F_{CS} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

qu =	561.426	kN/m <sup>2</sup>	qadm =	187.142	kN/m <sup>2</sup>	Q =	19344.502	kN
------	---------	-------------------	--------	---------	-------------------	-----	-----------	----

Siguiendo el mismo procedimiento se determinó una capacidad portante para la losa de cimentación de **187.1 kN/m<sup>2</sup>**

### 3.7.5 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS LOSA DE CIMENTACIÓN

Para determinar el asentamiento elástico de la losa de cimentación, supondremos que existe un comportamiento lineal entre esfuerzos y deformaciones en la dirección vertical, a continuación, se muestran los resultados del cálculo de asentamientos inmediatos mediante la ecuación 1.1:

Tabla 3-7 Calculo de asentamientos elásticos

#### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

RELACION DE POISON ( $\mu$ )		0.3
MODULO DE ELATICIDAD (E)	ton/m <sup>2</sup>	2500
FACTOR DE FORMA (If)	cm/m	116
PRESION DE TRABAJO (q)	ton/m <sup>2</sup>	18.70
ANCHO CIMENTACION (B)	m	8.75
ASENTAMIENTO ELÁSTICO (Si)	cm	6.91

Fuente: Elaboración Propia

### 3.8 ENSAYOS DE SUELO CON GEO SINTÉTICO

Al igual que la acción que se ejerce al estar en contacto el suelo con el sistema de cimentación de la superestructura el material geo sintético estará en contacto directo con el suelo generándose una acción de rozamiento entre ambos, dicha acción deberá tomarse en cuenta durante la etapa de diseño.

El reforzamiento de un sistema con geo sintéticos mejora las condiciones del suelo debido a que este no puede soportar tenciones, la capacidad a resistir tensiones de los geo sintéticos contribuye al suelo, cuando los cargas que actúan sobre el suelo sobrepasan su resistencia a cortante, el geo sintético redistribuye los esfuerzos amortiguando en cada una de las capas de suelo reforzados y así aumentando la capacidad portante del suelo y la estabilización de la sub estructura.

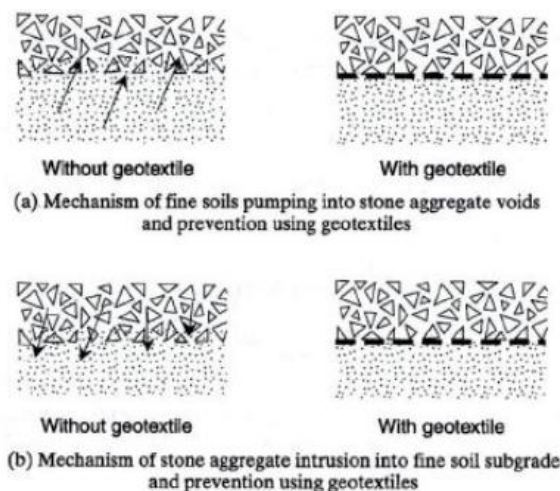


Gráfico 3-10 Diferentes mecanismos físicos de separación suelo, geo-sintético. **Fuente:** (Koerner, 2012)

Se puede comprobar el incremento de su resistencia del suelo reforzado con geotextil con el ensayo Triaxial Confinado ASTM 4767-95. En el *Gráfico 3-11* se muestra dos resultados del ensayo en muestras de arena densa bajo presiones de confinamiento de 21 y 210 kPa, en ambos ensayos la curva 1 representa la línea de esfuerzos vs deformaciones de la arena sin geotextil, en la curva 2 muestra los resultados del ensayo con geotextil en la parte superior y fondo de la muestra de suelo confinada, en dicha curva no se encuentra ningún tipo de mejora en la resistencia al corte del suelo, lo que muestra que el geotextil colocado en mala posición, no mostrara ningún efecto beneficioso. Sin embargo, si la posición del geotextil se ubica en el centro de la muestra a  $1/2H$  o dos capas a  $1/3H$  y  $2/3H$  se obtiene la curva 3 y 4 respectivamente, estas curvas muestran como el geotextil interrumpe el plano de falla de la muestra de suelo y por ende se ve incrementado el esfuerzo resistente a corte en comparación del suelo no reforzado (Koerner, 2012).

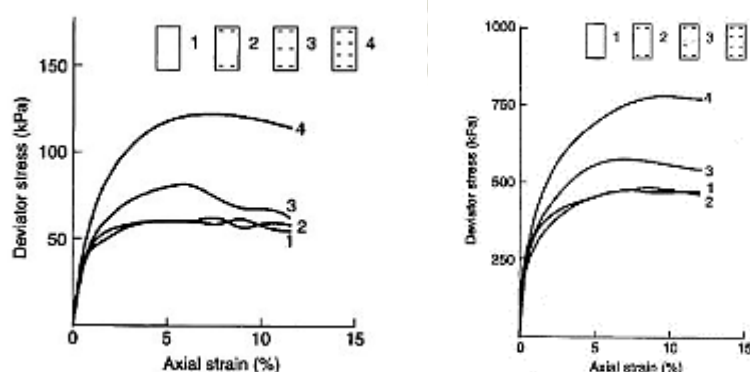


Gráfico 3-11 Resultados del ensayo triaxial confinado en muestras de arena densa bajo presiones de confinamiento de 21kPa a la izquierda y 210 kPa a la derecha

**Fuente:** (Koerner,2012)

### 3.8.1 EVALUACIÓN DE LA FRICCIÓN ENTRE GEO SINTÉTICO Y SUELO

Las estructuras de suelo reforzadas se deben diseñar de manera que no fallen debido a esfuerzos de tensión o de arrancamiento y a fallas por la mala adherencia del suelo geo sintético, la falla por adhesión se da debido al efecto de fricción y la cohesión nula entre los dos materiales.

Para conocer el comportamiento del geotextil-suelo ante la fuerza de rozamiento o fricción entre ellos existe un ensayo aceptado por ser una adaptación del ensayo de corte directo (Corte Directo modificado ASTM D 5321-02) que se detalla más adelante, el cual permite determinar el Angulo de fricción entre el suelo en estudio y el geotextil, este ensayo debido a las dimensiones de la caja de corte que se utiliza en laboratorio de mecánica de suelos solo se puede ejecutar con geotextil mas no con geo mallas ya que la dimensión de sus aberturas son mayores y requerirán un equipo en mayor escala. Sin embargo, las geo mallas tienen una mayor capacidad de adherencia en contacto con el suelo y una mayor durabilidad en comparación de los geotextiles.

### 3.8.2 DATOS TÉCNICOS Y ELECCIÓN DE GEO SINTÉTICO

Para la elección del geo sintético a utilizar se debe primeramente tomar en cuenta la función a la cual se desempeñará (separación, drenaje, reforzamiento, protección, filtración).

FUNCIÓN DEL GEOTEXTIL	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Separación			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estabilización			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Refuerzo					✓	✓	✓	✓	✓	✓

Gráfico 3-12 Ficha técnica tipo de geotextil optimo según su función. .

**Fuente:** (Manual de diseño con geo sintéticos, 2012)

También es fundamental conocer las especificaciones técnicas del material geo sintético proporcionadas por el fabricante, dichas propiedades estan respaldadas por las normativas que se basan en normas internacionales de dos organismos la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el comité TAS K FORCE # 25, el cual lo conforman; la American Building Contractors (ABC) y la American Road Builders and Transportation Association (ARBTA). Algunos datos técnicos necesarios para el reforzamiento de los suelos se muestra adjunto en los Anexos.

Se hizo la elección de geotextil tejido, a pesar que el uso de geo mallas tienen un mejor comportamiento de adherencia con el suelo. Se consideró que “para la función de refuerzo es necesario que el geo sintético tenga una elevada resistencia a la tracción y presente una

baja fluencia y/o una escasa deformación unitaria (alto módulo de elasticidad). Estos requisitos implican la utilización de materiales geo textiles tejidos.” (Tellez, 2008)

### 3.8.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN SUELO – GEO SINTÉTICO POR EL MÉTODO DE CORTE DIRECTO ASTM D 5321 – 02

Este ensayo tiene la finalidad de determinar la resistencia al corte entre suelo-geo sintético bajo control de deformaciones constantes, aplicando una carga vertical sobre la muestra de suelo y una fuerza horizontal sobre una sección de la caja de corte generando deformaciones en el plano hasta que se produzca la falla en la muestra de suelo. Los resultados obtenidos en esta prueba se verán sujetos a las condiciones y características del material geotextil, gradación del suelo, densidad, y longitud de contacto. Por ello la importancia de realizar este ensayo con las condiciones particulares de nuestro suelo en estudio y el geotextil adquirido en la zona local.

Se realiza el ensayo utilizando el equipo de corte directo, al cual se le añadirá una placa de aluminio de  $\frac{1}{2}$  pulgada de espesor, sobre la cual se sujete o fije el geo sintético.

#### 3.8.3.1 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- a) Preparación de la muestra de suelo tamizando por la malla #10 debido al tamaño máximo de las partículas de suelo.
- b) Se adhiere el geotextil a la placa de aluminio procurando que el geotextil este cubriendo enteramente toda la superficie de la placa.

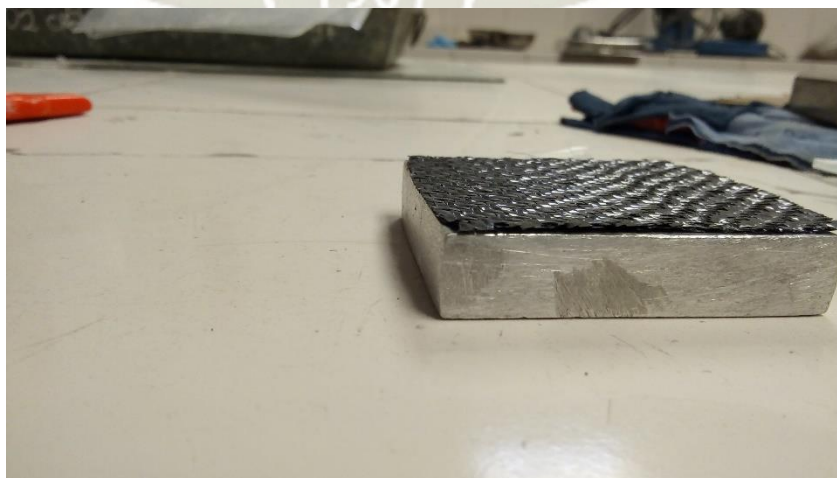


Gráfico 3-13 Placa de aluminio y geotextil adherido **Fuente:** Elaboración Propia

- c) Se coloca el bloque de aluminio en la parte inferior de la caja de corte sobre la piedra porosa.



Gráfico 3-14 Placa de aluminio dentro de la caja inferior de corte

**Fuente:** Elaboración Propia

- d) Al colocar la parte superior de la caja de corte se asegurará con los tornillos de bloqueo de manera que se deje una abertura de 0.25 mm de separación sin que exista contacto entre los dos marcos de la caja de corte.
- e) Se coloca la muestra de suelo en el contenedor superior, compactándolo al contenido de humedad óptimo para obtener la densidad deseada.



Gráfico 3-15 Apisonado de la muestra **Fuente:** Elaboración Propia

- f) Finalmente se coloca la piedra porosa y la placa de presión en la parte superior de la caja de corte y se instala en el equipo.

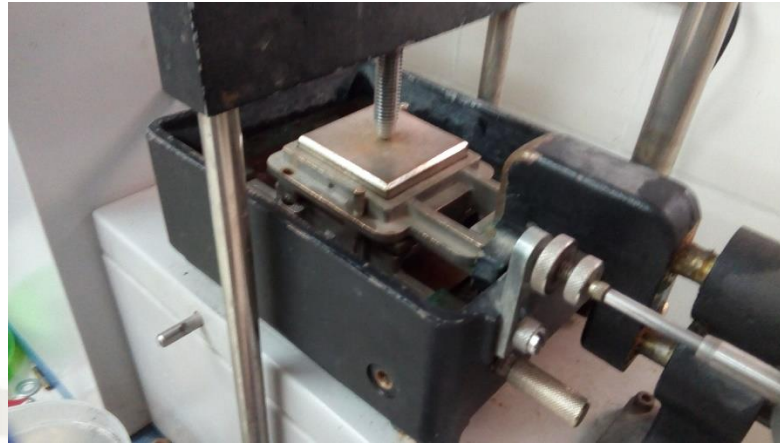


Gráfico 3-16 Colocación de la Muestra de Ensayo en el Equipo de Corte Directo

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.8.4 RESULTADOS DEL ENSAYO CORTE DIRECTO MODIFICADO

Los ensayos se realizaron para una muestra representativa de suelo granular extraído de la cantera “La Poderosa”. También se tomó en cuenta la dirección del tejido del geotextil con la finalidad de corroborar la información de los estudios de laboratorio de la Ingeniera Lina María García Tellez (2008) quien cita en su tesis de investigación “Respuesta del suelo -geotextil en estructuras de suelo reforzadas, mediante la obtención de los coeficientes de interacción, a través de los ensayos pull-out y corte directo modificado a una misma escala” que la dirección de las fibras juegan un rol importante en el ángulo de interacción del suelo-geotextil sin tener en cuenta los esfuerzos de tracción que sufre el geotextil.



Gráfico 3-17 Geotextil tejido dirección de las fibras MD (machine direction) XD(cross dirección) **Fuente:** (Tellez, 2008)

Se tomaron datos en el sentido principal del tejido de la maquina (machine direction) MD y en su sentido perpendicular al tejido de la maquina (Cross direction) XD como se muestra en la tabla 3-8 se obtuvieron mayores valores en el ángulo de fricción en el sentido MD lo cual indica que en ese sentido presenta mayor resistencia al cortante que en el sentido XD.

Tabla 3-8 Características mecánicas del suelo - geo sintético

CODIGO	Angulo de Fricción Ø	Adhesión
	(°)	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>M-1 (MD Direction)</b>	29.7	0.150
<b>M-1 (XD Direction)</b>	27.5	0.024

**Fuente:** Elaboración Propia

Se consideró un ángulo de fricción entre Geo sintético y el suelo de 27.5° en la dirección más crítica, este valor será utilizado en la etapa de diseño del refuerzo de la cimentación en el capítulo V.

También fue necesario determinar el peso específico seco un suelo granular de mejora que se utilizara para reemplazar al suelo natural del terreno, debido a que se recomienda usar entre las capas de refuerzo un material granular donde el porcentaje de finos este por debajo del 20% y el índice de plasticidad sea inferior al 12%.

Se utilizará como suelo granular de mejora arena gruesa extraída de la Cantera La Poderosa, y se determinó el peso específico mediante el método de ensayo “Gravedad específica y absorción de agregados finos” de la MTC E-205.

Tabla 3-9 Peso específico de masa de suelo granular de mejora

**PESO ESPECIFICO SUELO GRANULAR DE MEJORA**

DESCRIPCION	UND.	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	504.4	510
Peso de la muestra sat. superficialmente seca + Picnómetro +Agua	g	1158.9	1166.6
Peso del picnómetro	g	364.8	367.2
Peso del agua	g	289.7	289.4
Peso de la muestra secada al horno	g	482.9	491.6
Volumen del picnómetro	cm <sup>3</sup>	500	500
Peso específico seco	g/ cm <sup>3</sup>	2.30	2.33
Peso específico superficialmente seca	g/ cm <sup>3</sup>	2.38	2.37
Peso específico aparente	g/ cm <sup>3</sup>	2.50	2.43

**Fuente:** Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV

### 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En el presente capítulo se detalla la configuración del edificio, considerando como punto de partida la distribución de los ambientes descritos en los planos de arquitectura, de los cuales se trazan los ejes principales y se ubican de la forma más conveniente los elementos estructurales que darán forma a la estructuración considerando la distribución correcta de las masa y rigideces de edificio que permitirán el correcto cálculo.

El análisis estructural se realizó mediante el programa ETABS V16 considerando los lineamientos descritos en la norma sismo resistente E-030 del RNE 2016, en la cual indica el uso de un análisis sísmico estático, y un análisis dinámico modal espectral, considerando para el análisis un modelo de comportamiento lineal - elástico con solicitaciones de fuerza sísmica reducidas.

#### 4.1 ESTRUCTURACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El edificio a analizar es una vivienda multifamiliar proyectada sobre un terreno de 190 m<sup>2</sup> de 5 pisos, como material predominante se dispuso concreto armado con una resistencia característica a los 28 días de 210 kg/cm<sup>2</sup> y muros de Albañilería. se ha dispuesto una altura de entrepiso de 2.60 metros para cada nivel.

como elementos estructurales se optó por usar un sistema de pórticos de concreto armado, los cuales se dispusieron de forma simétrica y de distancias iguales en ambas direcciones para lograr el mejor comportamiento de la edificación ante cargas sísmicas.

#### 4.2 DETERMINACIÓN DE CARGAS

Para el análisis se tomaron en consideración cargas de gravedad y cargas laterales de sismo

##### 4.2.1 PARA CARGAS DE GRAVEDAD

Los elementos estructurales del edificio, como losas, vigas, columnas y cimentaciones componen sistemas de transferencia de cargas que transmiten, valga la redundancia, fuerzas y momentos hacia los pisos inferiores, se debe tomar en cuenta que los elementos verticales deben ser continuos hasta la cimentación.

Se tomaron en cuenta cargas muertas como las de; peso propio de los elementos estructurales, tabiquería, piso terminado, peso del techo. Así también se consideró una carga viva de 200 kg/cm<sup>2</sup> en todos los pisos y de 100 kg/cm<sup>2</sup> en la Azotea ya que no presentara ningún uso.

#### 4.2.2 PARA CARGAS DE SISMO

Las fuerzas sísmicas se representan en el análisis estático sobre el centro de masas de cada nivel, el sistema estructural cumple con los criterios de la concepción sismo resistente de la norma E-030, tomando en consideración criterios de simetría en la distribución de masas y rigideces, continuidad estructural en planta y en elevación, resistencia frente a cargas laterales, y control de la deformación lateral mínima de la edificación.

#### 4.3 ANÁLISIS ESTÁTICO

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

##### 4.3.1 MODELO ESTRUCTURAL

Se realizó el modelo tridimensional del Edificio considerando un Sistema Estructural de pórticos de concreto armado. El programa Etabs considera los elementos vigas y columnas como elementos lineales tipo *Frame*, las Losas como elementos bidimensionales *Shell*, y las placas como tipo *Wall* para su representación gráfica.

Se asignó un diafragma rígido por cada piso, además se consideró la tabiquería en el modelo para que contribuya con los desplazamientos laterales, aportando mayor rigidez a la estructura.

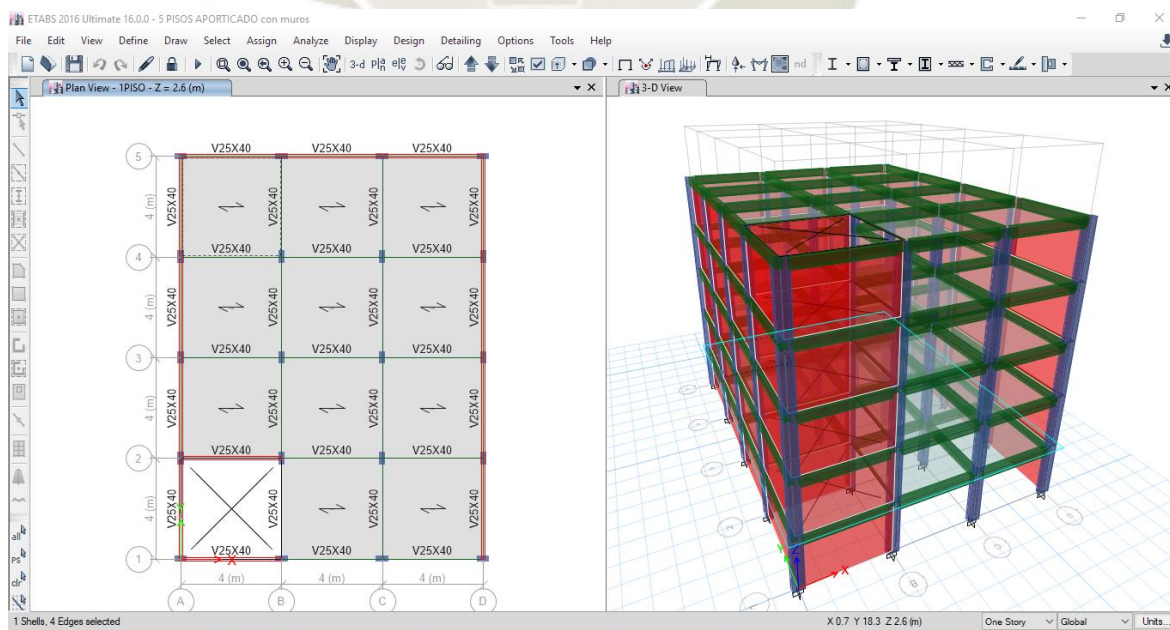


Gráfico 4-1 Modelo tridimensional de la estructura **Fuente:**

ETABS V. 16

#### 4.4 ANÁLISIS SÍSMICO

El Perú está ubicado en una zona de alta actividad sísmica por lo cual se deberán tomar en consideración factores que garanticen un correcto comportamiento de los elementos estructurales durante un evento sísmico, el análisis se realizara conforme a los lineamientos de la norma E-030 (2016) para poder cumplir con la filosofía del diseño sismo resistente la cual indica que “La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos severos (...). La estructura debería soportar movimientos del suelo moderados, pudiendo experimentar daños reparables (...). Para las edificaciones esenciales, tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo” (pg 5).

Las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica ( $Z$ ), del perfil de suelo ( $S$ ,  $TP$ ,  $TL$ ), del uso de la edificación ( $U$ ), del sistema sismo resistente ( $R$ ) y las características dinámicas de la edificación ( $T$ ,  $C$ ) y de su peso ( $P$ ).

##### 4.4.1 ZONIFICACIÓN

En la última edición de la norma E-030 (2016) se ha modificado el mapa de distribución espacial de la sismicidad observada a lo largo de los años, siendo cuatro zonas que se muestran en la siguiente figura.

En nuestro caso en estudio, al estar ubicado el distrito de Socabaya, departamento de Arequipa se encuentra en la zona 3 y le corresponde un valor  $Z=0.35$



Gráfico 4-2 Mapa zonificación sísmica del Perú. **Fuente:** RNE. E-030

#### 4.4.2 PERFIL DEL SUELO

La elección del perfil de suelo para efectos de la norma se tomará en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte, o con el valor promedio del Ensayo de penetración estándar, o determinando la resistencia al corte promedio en condición no drenado del suelo.

Para las condiciones locales de nuestro terreno se puede clasificar como un perfil de suelo intermedio  $S_2$ . Los parámetros de sitio ( $S$ ,  $T_L$ ,  $T_P$ ) que le corresponden se indican a continuación, el factor de amplificación del suelo “S” estará además en función del factor de zona.

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO “S”					Tabla N° 4 PERÍODOS “ $T_p$ ” Y “ $T_L$ ”				
ZONA \ SUELO	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	Perfil de suelo				
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	
$Z_4$	0,80	1,00	1,05	1,10					
$Z_3$	0,80	1,00	1,15	1,20	$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$Z_2$	0,80	1,00	1,20	1,40	$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6
$Z_1$	0,80	1,00	1,60	2,00					

Gráfico 4-3 Factor de suelo y periodos del suelo.

Fuente: RNE. E-030

#### 4.4.3 FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

El factor de amplificación sísmica  $C$  se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural con respecto a la aceleración del suelo, se encuentra en función de los parámetros de sitio y del periodo fundamental de vibración de la estructura.

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (4.1)$$

Fuente: RNE. E-030

Usamos un valor de  $C_T = 35$  valor correspondiente para edificios con pórticos de concreto armado.

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad (4.2)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \frac{T_p}{T_L} \quad (4.3)$$

$$T < T_L \quad C = 2.5 \frac{T_p * T_L}{T^2} \quad (4.4)$$

Fuente: RNE. E-030

#### 4.4.4 CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN Y FACTOR DE USO

La categoría de la edificación se clasifica en función al uso o la importancia que presente la Edificación, estas pueden ser edificaciones; Esenciales, importantes, comunes o temporales. considerando a nuestro proyecto destinado a vivienda, se clasifica en la categoría de edificación común, por lo que le corresponde un valor  $U = 1$ .

#### 4.4.5 SISTEMA ESTRUCTURAL

Probablemente uno de los factores más importantes para el análisis, debido a que reducirá en gran medida el valor de la fuerza sísmica según el sistema a utilizar, este factor de reducción está en función del material a utilizar y del sistema estructural.

Los elementos estructurales utilizados en nuestro caso en estudio, está conformado por un sistema de pórticos concreto armado de tal manera puedan resistir las fuerzas ocasionadas por un sismo presentando un control de los desplazamientos laterales, y le corresponde un coeficiente de reducción  $R_o = 8$ . La edificación no presenta irregularidades en planta ni en elevación

#### 4.4.6 FUERZA CORTANTE EN LA BASE

La fuerza cortante total en la base de la estructura, se puede calcular mediante el análisis estático de fuerzas equivalentes, y se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P \quad (4.5)$$

**Fuente:** RNE. E-030

Tabla 4-1 Resumen de los factores del análisis sísmico

Z	<b>0.35</b>
U	<b>1.00</b>
S <sub>2</sub>	<b>1.15</b>
C	<b>2.34</b>
R <sub>x</sub>	<b>8</b>
R <sub>y</sub>	<b>8</b>
T <sub>p</sub>	<b>0.6</b>
TL	<b>2</b>
la=	<b>1</b>
lp=	<b>1</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

A continuación, se muestran la distribución de la fuerza sísmica en cada nivel, debido a que el periodo es menor a 0.5 segundos el exponente  $k = 1$ .

$$F_i = \alpha_i V \quad (4.6)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)} \quad (4.7)$$

**Fuente:** RNE. E-030

Donde:

- $F_i$  = Fuerza sísmica por piso
- $\alpha_i$  = Coeficiente de distribución sísmica
- $V$  = Cortante basal
- $P_i$  = peso por piso
- $h_i$  = altura

Tabla 4-2 Distribución del cortante basal por piso

NIVEL	PESO (kg)	PESO (ton)	h (m)	PESO*h	$\alpha_i$	$F_i$ (ton)	$V_i$ (ton)
<b>5PISO</b>	121588	121.588	13	1580.64	0.294	24.42	24.42
<b>4PISO</b>	145924.8	145.9248	10.4	1517.62	0.282	23.45	47.87
<b>3PISO</b>	145924.8	145.9248	7.8	1138.21	0.212	17.58	65.45
<b>2PISO</b>	145924.8	145.9248	5.2	758.81	0.141	11.72	77.17
<b>1PISO</b>	145924.8	145.9248	2.6	379.40	0.071	5.86	83.03
<b>TOTAL</b>	705287.20	705.2872		5374.69	1	83.03	

Como verificación se determinó el cortante dinámico este se extrajo de los resultados obtenidos en el programa ETABS al incorporar un espectro de diseño y haciendo la combinación de las formas modales. A continuación, se muestra, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio. Además, se corrobora que este no sea menor que el 80 % del valor calculado en el análisis estático por ser una edificación regular conforme a lo establecido en el numeral 4.6.4. de la norma E-030.

Tabla 4-3 Condición fuerza cortante estática y dinámica

	V Estático (ton)	V Dinámico (ton)	0.8*V Estático (ton)	Factor de escalamiento
$V_x =$	83.03	74.54	66.43	si cumple
$V_y =$	83.03	81.03	66.43	si cumple

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.4.7 DESPLAZAMIENTO Y DERIVAS DE PISO

En el Capítulo 5 de la Norma de Diseño Sismo-resistente, presenta indicaciones para el cálculo y verificación de los desplazamientos. Los desplazamientos laterales se obtuvieron multiplicando los resultados del análisis lineal elástico en ETABS con las solicitaciones sísmicas reducidas por  $0.75 * R$  valor que corresponde a edificaciones regulares. Se verificó que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso que resulta de la fracción  $(\Delta_i / h_{ei}) \leq 0.007$  por ser el material predominante de Concreto Armado.

*Tabla 4-4 Control de desplazamientos sentido X-X*

Story	Dia fragma	Load Case/Combo	D x (mm)	d=0.75*R*Dx	$\Delta$	$\Delta / h_{ei}$	$(\Delta/h_{ei}) < 0,70 \%$
5PISO	D5	ENVX Max	3.162	18.97	3.22	0.12%	si cumple
4PISO	D4	ENVX Max	2.625	15.75	3.94	0.15%	si cumple
3PISO	D3	ENVX Max	1.968	11.81	4.30	0.17%	si cumple
2PISO	D2	ENVX Max	1.252	7.51	4.22	0.16%	si cumple
1PISO	D1	ENVX Max	0.549	3.29	3.29	0.13%	si cumple

**Fuente:** Elaboración Propia

*Tabla 4-5 Control de desplazamientos sentido Y-Y*

Story	Dia fragma	Load Case/Combo	D y (mm)	d=0.75*R*Dy	$\Delta$	$\Delta / h_{ei}$	$(\Delta/h_{ei}) < 0,70 \%$
5PISO	D5	ENVY Max	1.429	8.57	1.05	0.04%	si cumple
4PISO	D4	ENVY Max	1.254	7.52	1.54	0.06%	si cumple
3PISO	D3	ENVY Max	0.997	5.98	1.91	0.07%	si cumple
2PISO	D2	ENVY Max	0.678	4.07	2.12	0.08%	si cumple
1PISO	D1	ENVY Max	0.324	1.94	1.94	0.07%	si cumple

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.4.8 RESULTADOS DE CARGAS EN LA CIMENTACIÓN.

A continuación, se presentan los valores de cargas Axiales y Momentos Flectores resultado del análisis que se aplican en la base de la edificación.

Tabla 4-6 Cargas en la base de las columnas

Unique Name	Load Case/Combo	FX ton	FY ton	FZ tonf	MX ton-m	MY ton-m	MZ ton-m
2	MUERTA	0.0108	0.0485	44.5572	-0.0368	0.0059	-0.0003
2	VIVA	0.008	0.0205	14.2763	-0.0158	0.0054	-0.0001
2	ENVX Max	0.326	0.1606	86.6497	0.0912	0.4473	0.0121
2	ENVX Min	-0.2929	-0.0307	39.9806	-0.19	-0.4279	-0.0128
2	ENVY Max	0.0604	0.6878	86.6497	0.9776	0.067	0.003
2	ENVY Min	-0.0272	-0.5579	39.8559	-1.0764	-0.0475	-0.0037
8	MUERTA	-0.0194	0.0471	44.5691	-0.0326	-0.0199	-0.0003
8	VIVA	-0.0121	0.0198	14.2815	-0.014	-0.0119	-0.0001
8	ENVX Max	0.2854	0.2109	86.6752	0.1963	0.4155	0.0121
8	ENVX Min	-0.3422	-0.0849	39.9656	-0.2839	-0.4732	-0.0128
8	ENVY Max	0.0216	0.6942	86.6752	0.998	0.0368	0.003
8	ENVY Min	-0.0785	-0.5682	39.8676	-1.0856	-0.0944	-0.0037
14	MUERTA	0.0094	0.01	43.4511	-0.0051	0.0041	-0.0003
14	VIVA	0.0076	0.0048	13.8678	-0.0029	0.0047	-0.0001
14	ENVX Max	0.3671	0.0941	84.4068	0.1178	0.5068	0.0121
14	ENVX Min	-0.3372	-0.0666	38.3234	-0.1325	-0.492	-0.0128
14	ENVY Max	0.0603	0.6304	84.4068	1.0145	0.0665	0.003
14	ENVY Min	-0.0304	-0.6028	39.0252	-1.0292	-0.0517	-0.0037
20	MUERTA	-0.0191	-0.0027	43.9125	0.0083	-0.0204	-0.0003
20	VIVA	-0.0122	-0.0009	14.0818	0.003	-0.0122	-0.0001
20	ENVX Max	0.3342	0.1323	85.4167	0.2461	0.4824	0.0121
20	ENVX Min	-0.3906	-0.1393	39.448	-0.2244	-0.5414	-0.0128
20	ENVY Max	0.0221	0.6207	85.4167	1.0518	0.0375	0.003
20	ENVY Min	-0.0785	-0.6276	39.5046	-1.0301	-0.0965	-0.0037
26	MUERTA	-1.1294	0.1793	38.7576	-0.1443	-0.021	-0.0003
26	VIVA	-0.1482	0.0933	8.8264	-0.0757	-0.002	-0.0001
26	ENVX Max	7.2238	0.4149	87.8478	-0.0094	2.2165	0.0121
26	ENVX Min	-9.8372	0.0873	6.5141	-0.3953	-2.2641	-0.0128
26	ENVY Max	0.0295	0.9404	69.2655	0.8792	0.2458	0.003
26	ENVY Min	-2.643	-0.4382	31.4381	-1.284	-0.2935	-0.0037
32	MUERTA	-0.0066	-0.0548	43.8706	0.0511	-0.0103	-0.0003
32	VIVA	-0.0055	-0.0243	13.9985	0.0222	-0.0068	-0.0001
32	ENVX Max	0.421	0.0827	85.2163	0.3214	0.5858	0.0121
32	ENVX Min	-0.4422	-0.231	38.7184	-0.1836	-0.6165	-0.0128
32	ENVY Max	0.0429	0.5631	85.2163	1.1206	0.0592	0.003
32	ENVY Min	-0.0641	-0.7113	39.2144	-0.9828	-0.0899	-0.0037
38	MUERTA	1.7543	0.7184	42.6779	-0.1744	0.0317	-0.0003
38	VIVA	0.411	0.3145	5.7583	-0.0949	-0.0103	-0.0001
38	ENVX Max	10.3542	5.481	86.2767	0.803	2.1117	0.0121
38	ENVX Min	-6.0688	-3.5434	12.6786	-1.2967	-2.0563	-0.0128

38	ENVY Max	3.6165	11.0936	69.5382	2.6678	0.2766	0.003
38	ENVY Min	0.6689	-9.1559	34.2895	-3.1615	-0.2212	-0.0037
44	MUERTA	0.069	0.1748	38.0005	0.0216	0.0551	-0.0003
44	VIVA	0.0104	0.1041	6.3507	0.0081	0.0071	-0.0001
44	ENVX Max	0.3751	4.3719	64.0261	1.0082	0.5136	0.0121
44	ENVX Min	-0.2137	-3.866	25.6133	-0.9517	-0.3862	-0.0128
44	ENVY Max	0.1307	10.5715	63.9969	2.9066	0.1268	0.003
44	ENVY Min	0.0306	-10.0657	33.3114	-2.85	0.0006	-0.0037
50	MUERTA	0.0706	-0.229	37.8514	-0.0612	0.0572	-0.0003
50	VIVA	0.0109	-0.0778	6.4308	-0.0249	0.0078	-0.0001
50	ENVX Max	0.3436	2.6368	64.7954	0.8544	0.4623	0.0121
50	ENVX Min	-0.1782	-3.2264	24.6237	-1.017	-0.3296	-0.0128
50	ENVY Max	0.1317	9.5149	63.9244	2.7658	0.128	0.003
50	ENVY Min	0.0337	-10.1045	29.8169	-2.9285	0.0047	-0.0037
56	MUERTA	-0.0758	-0.2919	39.5918	-0.0261	-0.0682	-0.0003
56	VIVA	-0.0133	-0.1116	7.2276	-0.0097	-0.0129	-0.0001
56	ENVX Max	0.1737	3.593	67.7156	1.2677	0.3199	0.0121
56	ENVX Min	-0.3533	-4.3602	26.5917	-1.3359	-0.4826	-0.0128
56	ENVY Max	-0.0356	10.0014	67.7156	2.9268	-0.0123	0.003
56	ENVY Min	-0.144	-10.7686	32.1617	-2.995	-0.1505	-0.0037
62	MUERTA	-0.0782	-0.1159	39.7269	0.0385	-0.0709	-0.0003
62	VIVA	-0.0138	-0.0544	7.3005	0.0152	-0.0137	-0.0001
62	ENVX Max	0.2083	4.4911	68.0285	1.4019	0.3745	0.0121
62	ENVX Min	-0.3938	-4.8083	33.3861	-1.3001	-0.5441	-0.0128
62	ENVY Max	-0.0388	10.4796	68.0285	3.062	-0.0147	0.003
62	ENVY Min	-0.1467	-10.7968	35.0449	-2.9601	-0.1549	-0.0037
68	MUERTA	-0.0797	0.1582	38.1779	0.0974	-0.0729	-0.0003
68	VIVA	-0.0149	0.0219	6.9097	0.0388	-0.0149	-0.0001
68	ENVX Max	0.2445	4.5902	65.1956	1.475	0.4346	0.0121
68	ENVX Min	-0.4345	-4.2227	32.0613	-1.2172	-0.61	-0.0128
68	ENVY Max	-0.0355	10.1626	65.1956	3.1121	-0.008	0.003
68	ENVY Min	-0.1545	-9.7951	28.2783	-2.8543	-0.1674	-0.0037
74	MUERTA	-1.444	-1.6261	36.5937	0.2576	-0.0905	-0.0003
74	VIVA	-0.2873	-0.3719	6.1145	0.0999	-0.0165	-0.0001
74	ENVX Max	5.63	0.975	83.2011	0.9718	2.261	0.0121
74	ENVX Min	-9.0937	-4.9361	3.1185	-0.2931	-2.4762	-0.0128
74	ENVY Max	-0.1258	3.8127	67.61	1.6782	0.35	0.003
74	ENVY Min	-3.3379	-7.7737	18.7097	-0.9995	-0.5652	-0.0037
80	MUERTA	-0.266	-0.3815	37.856	0.3281	-0.0415	-0.0003
80	VIVA	-0.1159	-0.1663	6.4705	0.1429	-0.025	-0.0001
80	ENVX Max	11.7375	-0.3052	63.9983	0.7023	3.5969	0.0121
80	ENVX Min	-	-0.8168	27.3566	0.2348	-3.7173	-0.0128
80	ENVY Max	2.3612	-0.1572	63.9983	0.8693	0.6183	0.003
80	ENVY Min	-3.078	-0.8709	28.8181	0.0148	-0.7387	-0.0037
86	MUERTA	0.0483	-0.3814	36.9057	0.3273	-0.0506	-0.0003
86	VIVA	0.0056	-0.1662	6.0636	0.1426	-0.0188	-0.0001
86	ENVX Max	12.1489	-0.3208	61.9761	0.7006	3.5934	0.0121

86	ENVX Min	-12.0381	-0.8165	28.199	0.2609	-3.7257	-0.0128
86	ENVY Max	1.956	-0.1603	61.9761	0.863	0.5771	0.003
86	ENVY Min	-1.8452	-0.8675	27.6653	0.0189	-0.7094	-0.0037
92	MUERTA	1.2311	-1.5131	33.143	0.2452	0.0344	-0.0003
92	VIVA	0.1873	-0.3216	4.6128	0.0945	-0.0102	-0.0001
92	ENVX Max	8.684	0.3891	73.1856	0.7949	2.378	0.0121
92	ENVX Min	-5.8031	-4.0441	3.8377	-0.1496	-2.3169	-0.0128
92	ENVY Max	3.0011	3.6776	63.8183	1.5989	0.4303	0.003
92	ENVY Min	-0.1201	-7.3326	13.2051	-0.9537	-0.3692	-0.0037
98	MUERTA	0.9875	1.2357	26.6518	-0.0483	0.0003	-0.0003
98	VIVA	0.1036	0.1754	1.8034	0.0035	-0.024	-0.0001
98	ENVX Max	10.7988	2.9431	60.5738	0.3464	3.8306	0.0121
98	ENVX Min	-8.5463	-0.067	-1.0182	-0.4458	-3.8599	-0.0128
98	ENVY Max	2.546	6.7406	50.1701	1.1315	0.4909	0.003
98	ENVY Min	-0.2935	-3.8645	9.3855	-1.2309	-0.5202	-0.0037
104	MUERTA	-0.9607	0.2069	24.9979	-0.1765	-0.0593	-0.0003
104	VIVA	-0.1028	0.0793	3.49	-0.0677	-0.0204	-0.0001
104	ENVX Max	9.3082	0.4245	68.4934	-0.126	4.0073	0.0121
104	ENVX Min	-11.5022	0.1649	-10.3854	-0.3621	-4.1603	-0.0128
104	ENVY Max	0.8447	0.5411	42.448	0.1171	0.4641	0.003
104	ENVY Min	-3.0387	0.0029	15.6599	-0.5811	-0.6172	-0.0037
116	MUERTA	-0.012	0.3667	24.6879	-0.3126	-0.033	-0.0003
116	VIVA	-0.0068	0.1581	6.5041	-0.1348	-0.016	-0.0001
116	ENVX Max	1.3147	0.7821	45.62	-0.2184	2.1861	0.0121
116	ENVX Min	-1.3489	0.2891	21.831	-0.6669	-2.2771	-0.0128
116	ENVY Max	0.1509	0.8436	45.62	0.0004	0.2417	0.003
116	ENVY Min	-0.1851	0.1425	21.097	-0.8411	-0.3326	-0.0037
122	MUERTA	-0.09	1.4508	24.9715	-0.229	-0.0971	-0.0003
122	VIVA	-0.0115	0.3033	4.031	-0.0876	-0.0199	-0.0001
122	ENVX Max	0.9816	4.5658	45.7489	0.3364	1.9121	0.0121
122	ENVX Min	-1.1895	-1.0675	12.9787	-0.9382	-2.1458	-0.0128
122	ENVY Max	0.0485	7.4765	54.9101	1.0149	0.1574	0.003
122	ENVY Min	-0.2563	-3.9782	3.8175	-1.6167	-0.3911	-0.0037

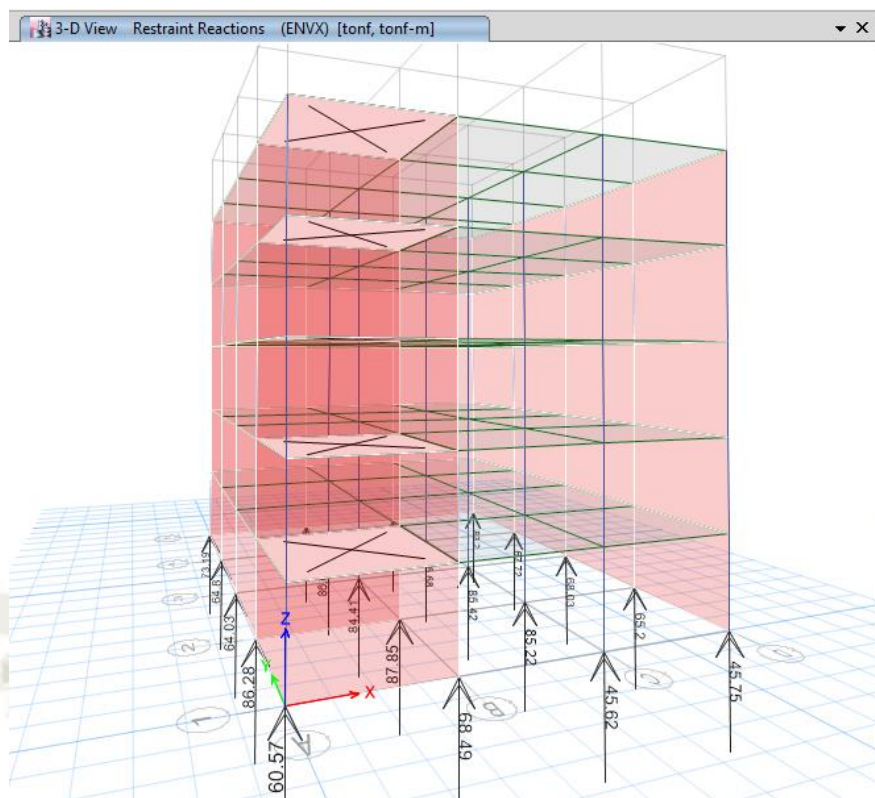


Gráfico 4-4 Reacciones sobre la base de las columnas resultados Env. X-X ETABS V.16

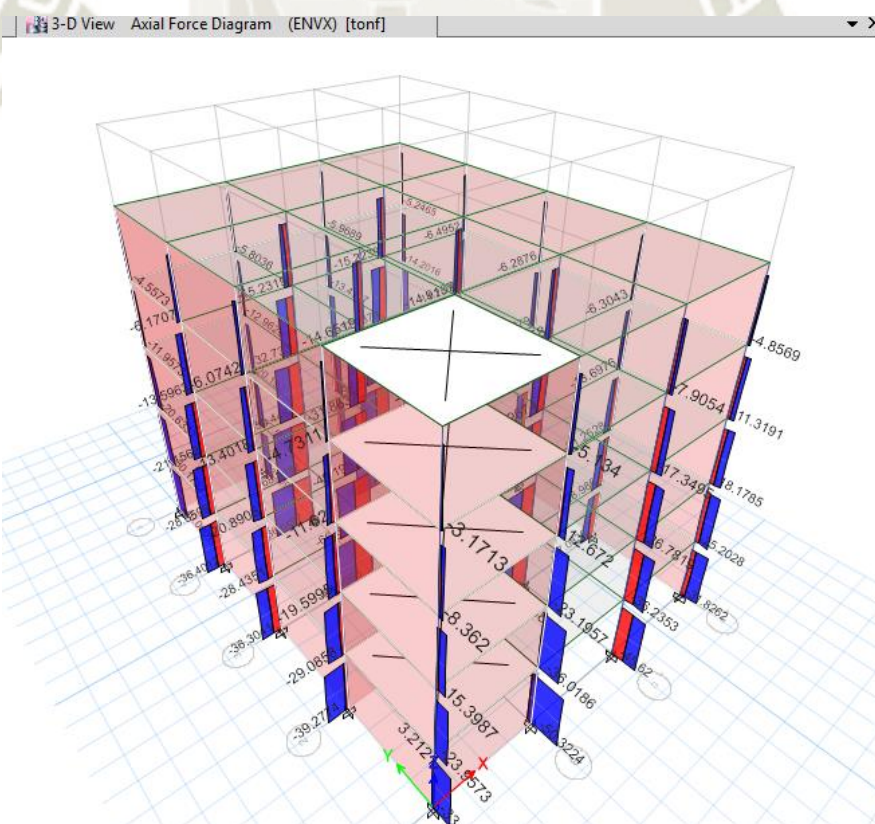


Gráfico 4-5 Fuerza Axial en las columnas resultados Env X-X ETABS V.16

## CAPÍTULO V

### 5 CIMENTACIONES SUPERFICIALES CON GEO-SINTÉTICOS

#### 5.1 DISEÑO DE CIMENTACIONES REFORZADAS CON GEO SINTÉTICOS

En los últimos años se han desarrollado estudios experimentales, analíticos e numéricos para estudiar el comportamiento de cimentaciones sobre suelo reforzado. Podemos citar a Benique y Lee (1975) quienes hicieron el primer estudio experimental para evaluar la capacidad portante en arenas reforzadas por tiras metálicas, a partir de ello se han desarrollado estudios de investigación que demuestran la mejora de la capacidad de soporte del suelo usando tiras metálicas, geotextiles o geo mallas. Existen en la bibliografía diferentes métodos de diseño analíticos y experimentales; sin embargo, no se ha establecido aun, un método único en cuanto a cimentaciones superficiales reforzadas con geo-sintéticos.

El diseño realizado en el presente trabajo se basó en el libro “Designing with Geosynthetics” del Dr. Robert M. Koerner (2012) y el Manual de diseño con geo-sintéticos proporcionado por la compañía PAVCO.SA (2011).

##### 5.1.1 MECANISMO DE FALLA EN CIMENTACIONES REFORZADAS

Para realizar el Diseño primeramente se debe conocer el comportamiento de falla a tensión del geo-sintético en la siguiente figura se muestra la condición idealizada de la superficie de falla cuando  $d/B$  es igual a  $2/3$ , valor recomendado como distancia mínima requerida para la inclusión del geo-sintético, se muestra que está conformada por la Zona I, localizada debajo de la cimentación, formando una cuña debido al asentamiento que se genera para la aplicación de la carga. La Zona II es la que se localiza a los costados de la Zona I en la cual el suelo es empujado hacia fuera y hacia arriba.

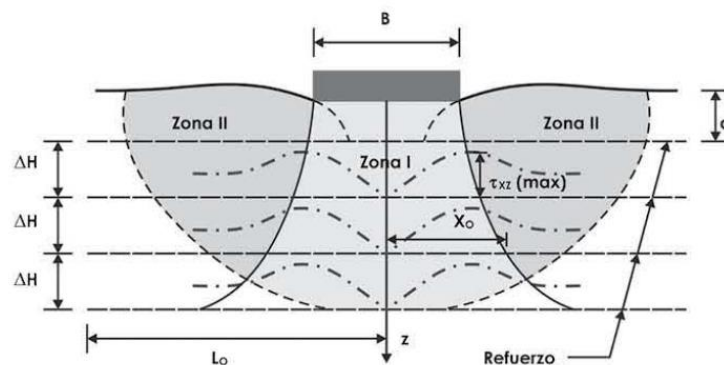


Gráfico 5-1 Mecanismo de falla en cimentaciones reforzadas. **Fuente:** (Manual de diseño con geo sintéticos, Geo sistemas Pavco S.A. 2009)

Para el diseño en más que enfocarse en el aumento de la capacidad de carga es preferible tener en cuenta que una o varias capas de refuerzo podrían minimizar o eliminar asentamientos diferenciales los cuales se reconocen en el suelo subyacente, debajo de cimentaciones flexibles. Por lo tanto, el diseño se basará en reemplazar el suelo en malas condiciones por un relleno granular de refuerzo, cubriendo la zona por una o varias capas de geo sintético logrando así la mejora del suelo de fundación.

### 5.1.2 DETERMINACION DEL INCREMENTO DEL ESFUERZO VERTICAL

La teoría para la determinación de esfuerzos verticales en el suelo fue propuesta por (boussinesq,1885) quien afirma que “Existe una distribución de esfuerzos en el suelo que a su vez es disipado a medida que se profundiza en él o se ubica un punto alejado de la zona donde exista el esfuerzo de contacto en la superficie”.

Sin embargo, para el diseño del refuerzo no se requerirá el esfuerzo en un punto determinado del suelo sino directamente el esfuerzo vertical que actúa sobre el geo sintético que se encuentra enterrado. En 1930 Terzaghi y Marston desarrollaron una teoría analítica, la cual simplifica una fórmula para el cálculo del esfuerzo vertical en la superficie de estructuras enterradas bajo cargas externas (Koerner, 2012).

$$\sigma_v = 2\gamma_m R [1 - e^{-0.5H/R}] + qe^{-0.5H/R} \quad (5.1)$$

**Fuente:** (Robert M. Koerner, Diseño con geo sintéticos. 2012)

Donde:

- $\sigma_v$  = esfuerzo vertical en la capa de refuerzo enterrada
- $\gamma_m$  = peso específico promedio del suelo de mejora
- $R$  = Radio de la zona de asentamiento diferencial o  $B/2$
- $H$  = altura total del área de asentamiento hasta la superficie del suelo.
- $q$  = presión de sobrecarga sobre la superficie del suelo.

### 5.1.3 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO DE TENSIÓN EN LA CAPA DE (GEOTEXTIL O GEOMALLA)

Una vez obtenido el esfuerzo vertical a una profundidad  $H$ , se puede usar ese valor para calcular la fuerza desarrollada por la capa de refuerzo, para soporte de un área de asentamiento diferencial bajo una cimentación se usa la siguiente formula.

$$T_{req} = \frac{1}{N} (\sigma_v * R * \Omega) \quad (5.2)$$

**Fuente:** (Robert M. Koerner, Diseño con geo sintéticos. 2012)

Donde:

- $T_{req}$  = Fuerza de tensión desarrollada por la capa de refuerzo
- $N$  = Numero de capas de refuerzo
- $\Omega$  criterio de deformación del geosintético

$$\Omega = 0.25 \left[ \frac{(2y)}{b} + \frac{b}{2y} \right] \quad (5.3)$$

**Fuente:** (Robert M. Koerner, Diseño con geo sintéticos. 2012)

- $b$  = ancho del espacio o vacío del geo sintético deformado
- $y$  = profundidad del espacio o vacío en el geo sintético deformado

Para geo mallas y geotextiles se puede usar valores comprendidos entre

$$\Omega = 0.73 - 10\% \text{ a tensión}$$

se deberá comparar la fuerza desarrollada por la capa de refuerzo requerida  $T_{req}$  con la fuerza admisible  $T_{adm}$  del refuerzo considerando los factores de seguridad (FS) para un control del diseño.

$$T_{adm} = \frac{T_{ult}}{FS} \quad (5.4)$$

$$FS = FR_{ID} * FR_{FL} * FR_{DQB} \quad (5.5)$$

**Fuente:** (Robert M. Koerner, Diseño con geo sintéticos. 2012)

Donde:

- $T_{ult}$  = Resistencia ultima del geotextil o geo malla por el método de la tira ancha
- $T_{adm}$  = Resistencia a la tracción disponible para geotextil o geo malla
- $FR_{ID}$  = Factor de reducción por daños de instalación
- $FR_{FL}$  = Factor de reducción por fluencia o creep
- $FR_{DQB}$  = Factor de reducción por degradación química y biológica

#### 5.1.4 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA FRICCIÓN DEL GEO SINTÉTICO

La longitud adecuada de refuerzo, proporcionara la longitud necesaria de empotramiento en el suelo para la buena distribución de los esfuerzos al suelo de refuerzo. Para su diseño, se procede a calcular la resistencia a Pull Out o arrancamiento que se obtiene de la resistencia a la fricción entre el suelo y el refuerzo.

$$F_B = 2 \tan \delta (LDR)[0.1q_r B + \gamma(L_0 - X_0)(z + D_f)] \quad (5.6)$$

**Fuente:** (Manual de diseño con geo sintéticos, Geo sistemas Pavco S.A. 2009)

Donde:

- $\delta$  = Angulo de fricción entre el geo sintético y el suelo (ASTM D5321-02)
- $q_r$  = carga sobre la cimentación
- $\gamma_m$  = peso específico del suelo de mejora
- $D_f$  = Profundidad de la cimentación
- LDR se define como la razón de densidad lineal del refuerzo; para el caso de geotextiles LDR=1 debido a que el geotextil cubre toda el área de refuerzo.
- $X_o$  es la distancia a la cual el esfuerzo cortante es máximo para una profundidad dada, esta distancia es variable y se puede calcular mediante el siguiente grafico

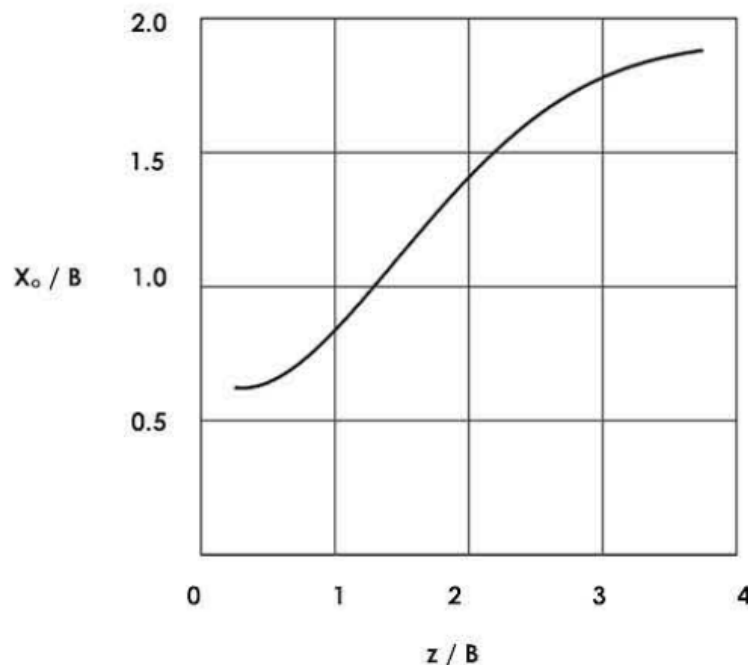


Gráfico 5-2 Ubicación del esfuerzo cortante máximo para una profundidad  $z$  dado un ancho de cimentación  $B$  **Fuente:** (Geosistemas Pavco S.A., 2009)

$L_o$  se calcula como la distancia a la que el esfuerzo  $\sigma (q_r)$  es igual a  $0.1 q_r$ , es decir que el esfuerzo debido a la carga sobre la cimentación es igual al 10% de dicha carga, este valor se puede calcular por medio del siguiente grafico en función del ancho y de la profundidad.

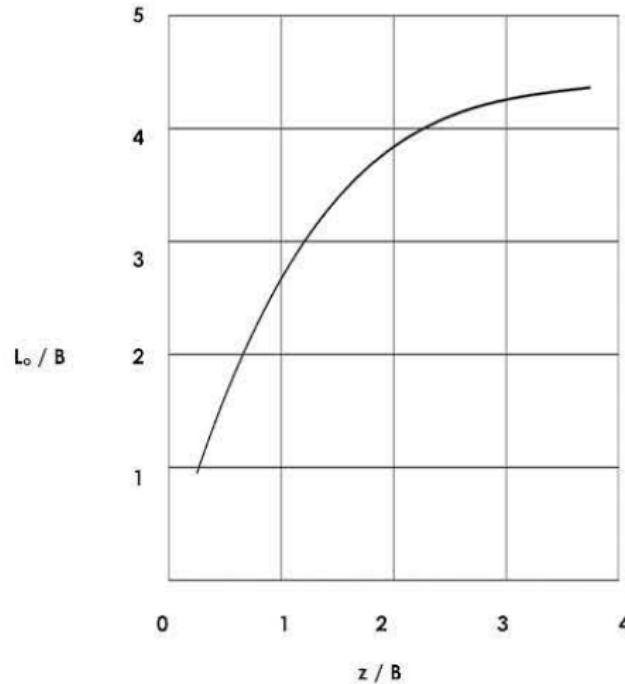


Gráfico 5-3 Variación de la longitud de empotramiento del geo-sintético con respecto a  $z/B$  **Fuente:** (Geosistemas Pavco S.A., 2009)

El factor de seguridad contra el Pull out del refuerzo es:

$$FS_p = \frac{F_B}{T_{req}} \geq 1.5 \quad (5.7)$$

**Fuente:** (Manual de diseño con geo sintéticos, Geo sistemas Pavco S.A. 2009)

### 5.1.5 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES REFORZADAS CON GEO SINTÉTICOS

Para el diseño particular de nuestro caso en estudio, se diseñará inicialmente una cimentación conformada por zapatas aisladas con un ancho de 1.50 m, se tendrá en cuenta la capacidad portante del suelo de fundación de  $15.2 \text{ ton/m}^2$  como se determinó en el capítulo 3.

De las cargas previamente estimadas del análisis del edificio se consideró una carga de 87.85 ton. la cual representa el valor más crítico del análisis en las columnas que transmitirán la carga a la cimentación.

- a) Calculo de la capacidad portante admisible y cargas aplicadas sobre la cimentación
  - Ancho de la cimentación  $B = 1.50 \text{ m}$
  - Capacidad de carga admisible para suelo sin refuerzo  $q_{ult} = 15.2 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \approx 152 \text{ kPa}$

- Carga sobre la cimentación por metro cuadrado

$$q_r = \frac{Q}{A}$$

$$q_r = \frac{87.85}{1.50 \times 1.50}$$

$$q_r = 39.04 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \approx 390 \text{ kPa}$$

- b) Diseño y distribución de las capas de refuerzo

- Profundidad de la primera capa de refuerzo  $d < 2/3B$   
 $d = 0.20\text{m}$
- Resistencia a la tensión requerida por el refuerzo usando la ecuación 5.1 y 5.2

Tabla 5-1 Resistencia a la tensión requerida para refuerzo geo textil tejido

N° de capa	$q_r$ kPa	H m	B/2 m	$\gamma$ m kN/m <sup>3</sup>	H/B/2	$\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	$T_{req}$ kN/m
1	390	0.2	0.75	23	0.27	345.62	47.31
2	390	0.4	0.75	23	0.53	306.79	41.99
3	390	0.6	0.75	23	0.80	272.80	37.34
4	390	0.8	0.75	23	1.07	243.05	33.27

Fuente: Elaboración Propia

- c) Selección del geo-sintético de refuerzo

Utilizaremos geotextil tejido TR6000 cuya resistencia ultima a tensión por el método de la Tira Ancha (ASTM D4595-11) indicado en las especificaciones técnicas del fabricante es de 112 kN/m en el sentido más desfavorable.

Haciendo uso de la ecuación 5.4 y 5.5 determinamos la resistencia a la tensión capaz de resistir el geo sintético.

$$T_{adm} = \frac{112}{1.1 * 2 * 1}$$

La resistencia admisible a la tensión del geotextil TR6000 es:

$$T_{adm} = 50.91 \frac{\text{kN}}{\text{m}} > T_{req} = 47.31 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{si cumple}$$

d) Cálculo de la resistencia del geotextil debido a la fricción

Se determina la resistencia a la fricción de cada capa de refuerzo, usando la ecuación 5.6 y las gráficas 5.2 y 5.3, considerando el Angulo de fricción entre el geo-sintético y el suelo obtenido de laboratorio del ensayo corte directo modificado (ASTM D5321) se obtuvo un valor en el sentido más desfavorable de  $\delta = 27.5^\circ$  (ver tabla 3.7).

Tabla 5-2 Resistencia del geotextil a la fricción

Valor	$(\delta)^\circ$	$q_r$ kPa	$\gamma$ m kN/m <sup>3</sup>	B m	Z m	Df m	z/B	Xo	Lo	$F_B$ kN/m
1	27.5	390	23	1.5	0.2	1.5	0.13	0.6	1.5	97.54
2	27.5	390	23	1.5	0.4	1.5	0.27	0.7	1.8	110.95
3	27.5	390	23	1.5	0.6	1.5	0.40	0.8	2	121.25
4	27.5	390	23	1.5	0.8	1.5	0.53	0.85	2.8	168.30

Fuente: Elaboración Propia

Se hace la comprobación del diseño por pull out considerando la ecuación 5.7:

$$FS_p = \frac{F_B}{T_{req}} \geq 1.5$$

Tabla 5-3 Factor de seguridad contra el arrancamiento

$F_B$ (kN/m)	$T_{req}$ (kN/m)	$FS_p$	$FS_p > 1.5$
97.54	47.31	2.11	cumple
110.95	41.99	2.71	cumple
121.25	37.34	3.34	cumple
168.30	33.27	5.24	cumple

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que la resistencia a la fricción generada por las capas de refuerzo y el material granular es mucho mayor se puede observar un valor muy elevado en el  $FS_p$  para las dos últimas capas inferiores de refuerzo, por lo que se puede reducir la longitud de empotramiento de estas capas, sin afectar el diseño del refuerzo.

e) Esquema del refuerzo de la cimentación

Considerando la separación entre refuerzos y la longitud de empotramiento se muestra el esquema final del diseño de refuerzo. la longitud de refuerzo de cada capa es  $2L_o$ .

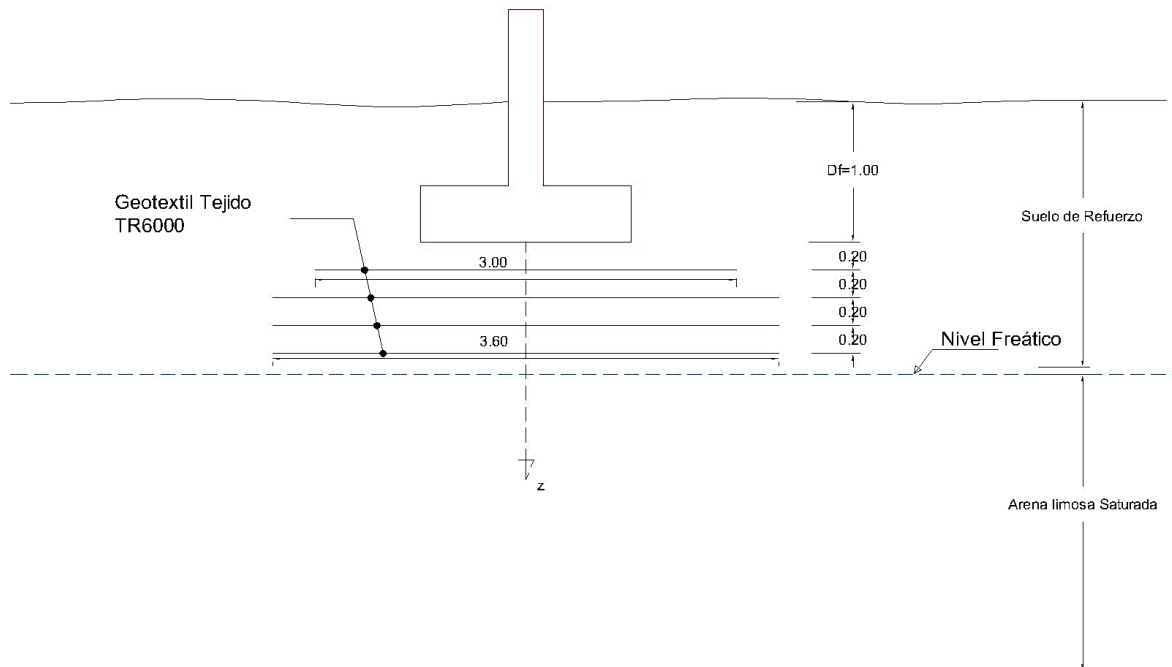


Gráfico 5-4 Esquema del refuerzo bajo la cimentación.

**Fuente:** Elaboración Propia

## CAPITULO VI

### 6 MODELADO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES POR ELEMENTOS FINITOS

#### 6.1 APLICACIÓN DEL PROGRAMA PLAXIS 2D

PLAXIS 2D es un paquete de computación formulada mediante el método de elementos finitos en dos dimensiones, planteada para el análisis de deformaciones y estabilidad en varios tipos de aplicaciones en ingeniería geotécnica como son cimentaciones, taludes, excavaciones, túneles entre otros. El programa contiene un área de interface de gráfico y una malla de elementos finitos (mesh) basada en una representación vertical de la sección transversal del modelo, que permite el modelamiento de tensiones en el plano (plane-strain) o un modelo simétrico radial (Axisymmetric) en caso de elementos circulares.

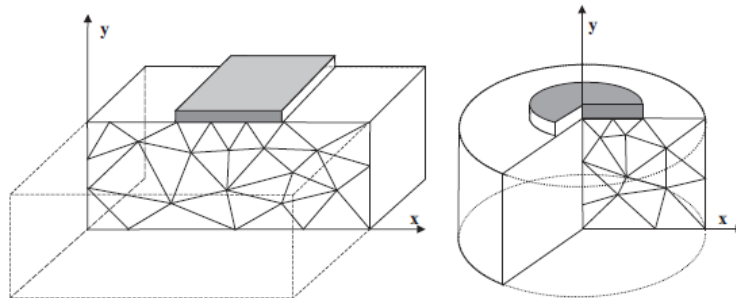


Gráfico 6-1 Plane strain and Axisymmetric model (PLAXIS, 2018)

La interface del programa se encuentra compuesto por 2 sub programas; *Input* y *Output*

- *The Input program* es el pre procesador, el cual se encarga de introducir la geometría del modelo, crear la maya de elementos finitos y definir las fases de cálculo.
- *The output program* es el post procesador, el cual permite visualizar los resultados de los cálculos en una vista bidimensional y/o extraerlos en tablas, también se puede realizar gráficos (curves) de los parámetros de salida de puntos pre establecidos en la geometría del modelo.

### 6.1.1 ASPECTOS GENERALES DEL MODELADO POR ELEMENTOS FINITOS CON EL PROGRAMA PLAXIS 2D

Al iniciar el “Input program” se creará un modelo nuevo (General setting) donde se definirá los límites del modelo. El modelo debe ser lo suficientemente “amplio” de manera tal que los bordes o contornos no influyeran en los resultados del problema en estudio.

Seguidamente se procede con el Modelo Geométrico el cual incluye una división representativa del subsuelo en las distintas capas de suelo, objetos estructurales la determinación de las diferentes etapas de construcción y asignación de cargas, a continuación, presentamos los procedimientos necesarios para su representación (PLAXIS, 2018);

- a) Definición de la estratigrafía del suelo (Soil mode): define las capas de los estratos el nivel del agua y las condiciones iniciales del suelo, también se asigna las características físicas y geo mecánicas de los materiales (material data sets)
- b) Definición de los elementos estructurales (Structural mode): a partir de líneas y puntos se realiza el trazo y la asignación de los elementos estructurales (plates), y de las fuerzas o desplazamientos prescritos. También contiene opciones para definir otros elementos como geo mallas y cables de anclaje.

Luego de la creación del modelo geométrico se procede con el Modelo de Calculo donde se genera una malla de elementos finitos, basada en la composición de clusters y líneas del modelo geométrico.

- c) Generación de la malla (Mesh mode): genera la discretización de la geometría y la transforma en una malla de elementos finitos
- d) Condiciones del flujo de agua (Water conditions): permite definir y modificar las condiciones del nivel freático
- e) Construcción por etapas (Staged construction): Partes de la geometría son activadas y desactivadas para ser tomadas en cuenta antes del cálculo del modelo también se define las fases de cálculo y el tipo de análisis que se requiere.

En el subprograma Output se generan los resultados luego de finalizado la etapa de cálculos. Los principales resultados que proporciona un cálculo mediante elementos finitos son los desplazamientos en los nodos y las tensiones en los puntos de tensión. Además, cuando el

modelo incluye elementos estructurales, como es nuestro caso, se calculan los esfuerzos en dichos elementos, se pueden seleccionar comandos para mostrar los siguientes resultados.

- Deformaciones
  - Malla deformada
  - Desplazamientos totales, horizontales y verticales
  - Deformaciones totales
- Tensiones
  - Tensiones efectivas
  - Tensiones totales
  - Tensiones efectivas cartesianas
  - Grado de sobre consolidación del suelo
  - Puntos plásticos
  - Presiones intersticiales activas
- Fuerzas
  - Momentos flectores y torsores
  - Fuerzas cortantes
  - Fuerzas normales
- Graficas
- Tablas de resultados

### **6.1.2 APLICACIÓN CASO DE ZAPATAS CUADRADAS REFORZADAS CON Y SIN GEO SINTÉTICOS**

Se realizará el modelo de una zapata reforzada con y sin geo-sintético en base al diseño que se mostró en el capítulo V para su posterior evaluación se tomó la columna más cargada del análisis del edificio obtenido con el programa Etabs V16.

El material de suelo utilizado en el presente modelo es el elasto-plástico de Mohr – Coulomb. Los parámetros que lo definen son:  $E$  (módulo de Young) y  $\nu$  (módulo de Poisson) relativos a la elasticidad del suelo;  $\phi$  (ángulo de fricción) y  $c$  (cohesión) relativos a la plasticidad; como se detallan a continuación:

Tabla 6-1 Datos de entrada (Propiedades de los elementos a introducir en el programa PLAXIS 2D) zapatas reforzadas con geo sintéticos

Elemento	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	C kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ (°)	$\mu^{***}$	E kN/m <sup>2</sup>
Arena Limosa	15.4	16.7	1	28.8	0.2	16000*
Suelo de mejora	23.0	-	-	34.0	0.3	40000*
Concreto	24	-	-	-	0.15	21000000**

**Fuente:** Elaboración Propia

\* El módulo de elasticidad de la Arena Limosa, y del suelo de mejora (Arena densa) se obtuvieron de las Tablas de libro Estabilidad y comportamiento de los suelos en el Perú (Gil, 1970).

\*\* El módulo de elasticidad del concreto se determinó para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  mediante la fórmula  $E_c = 15100 * \sqrt{f'c}$  del RNE. E-060.

\*\*\* (Muñoz, 2010).

**Nota:** Por ser la cohesión demasiado pequeña el programa por defecto lo redondea a la unidad.

La única característica que se consideró para el material geotextil fue la rigidez axial EA que se le asigna por ser un material elástico flexible, la rigidez axial es un valor proporcionado por el fabricante, sin embargo, puede calcularse como la razón entre la fuerza Axial por unidad de ancho en el sentido longitudinal y la deformación axial.

$$EA = \frac{F}{\Delta l / l} \quad (6.1)$$

**Fuente:** (Plaxis 2D, Manual Tutorial. 2018)

La deformación unitaria en tensión  $\Delta l / l$  del material geo sintético se encuentra en el intervalo de 0.5% y 2% (fine civil engineering software, 2018). Se calculó un valor EA de 22400 kN/m

En las siguientes figuras se observan el modelo y un resumen de los resultados de mayor importancia del análisis en Plaxis 2D.

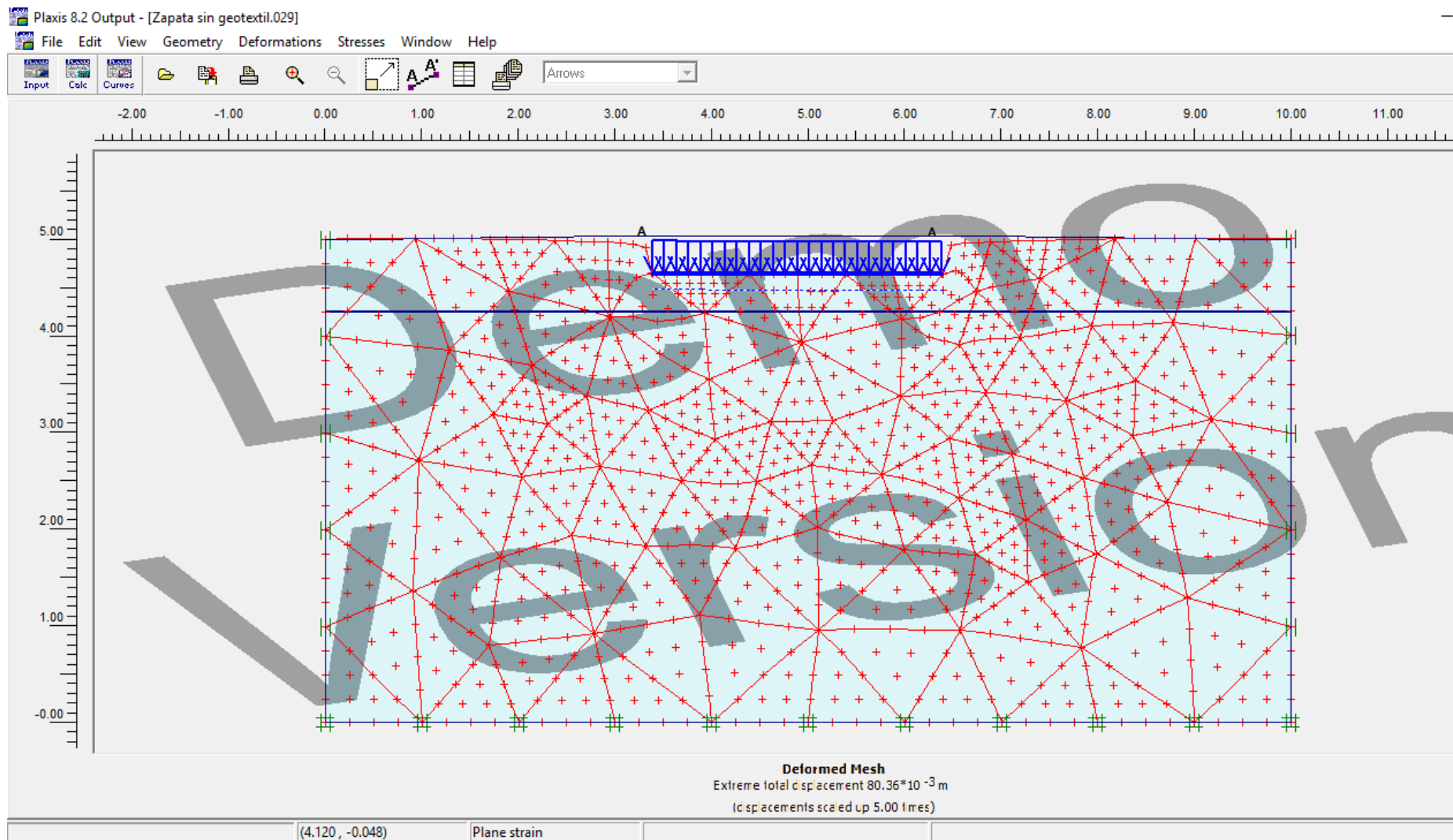


Gráfico 6-2 Deformación de la malla del conjunto cimentación sin refuerzo de geo sintético con un máximo desplazamiento de 8.0 cm

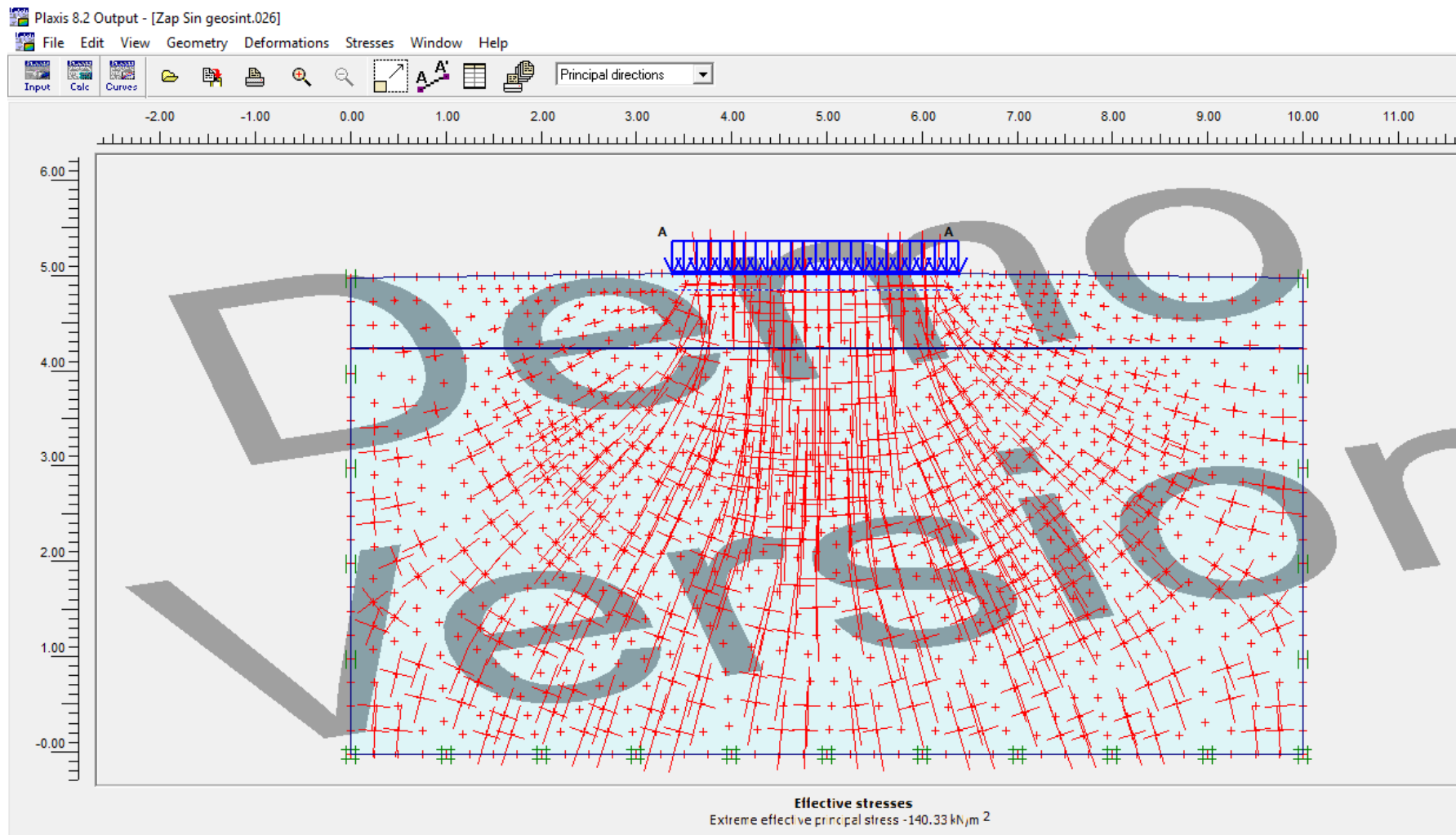


Gráfico 6-3 Esfuerzo principal efectivo del suelo para zapata sin Geo sintético de ancho  $B=3.00$  m con un máximo valor de  $-140.33$  kN/m<sup>2</sup>

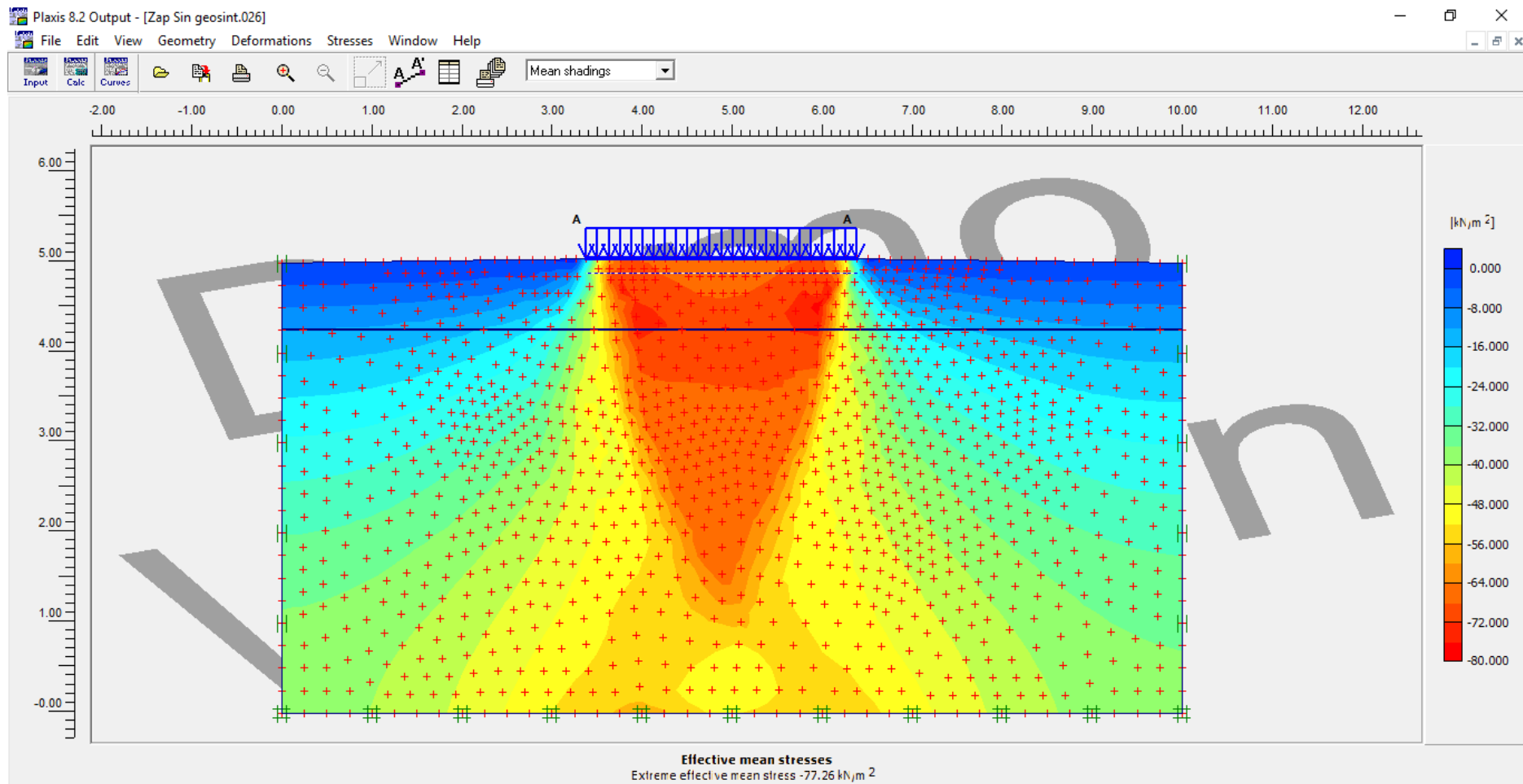


Gráfico 6-4 Disipación del Esfuerzo medio efectivo sobre el suelo para zapata sin Geo sintético de ancho  $B=3.00\text{ m}$

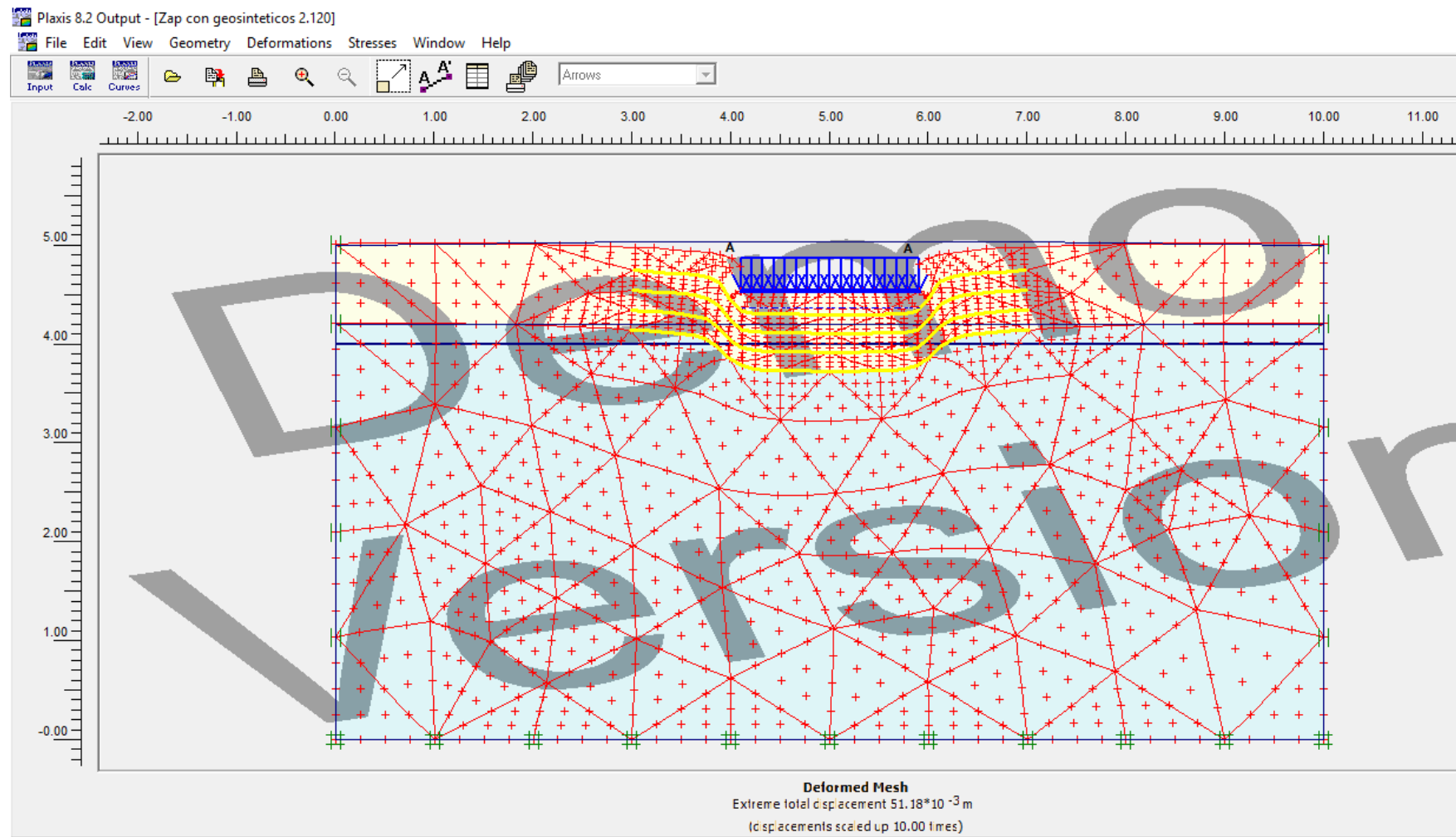
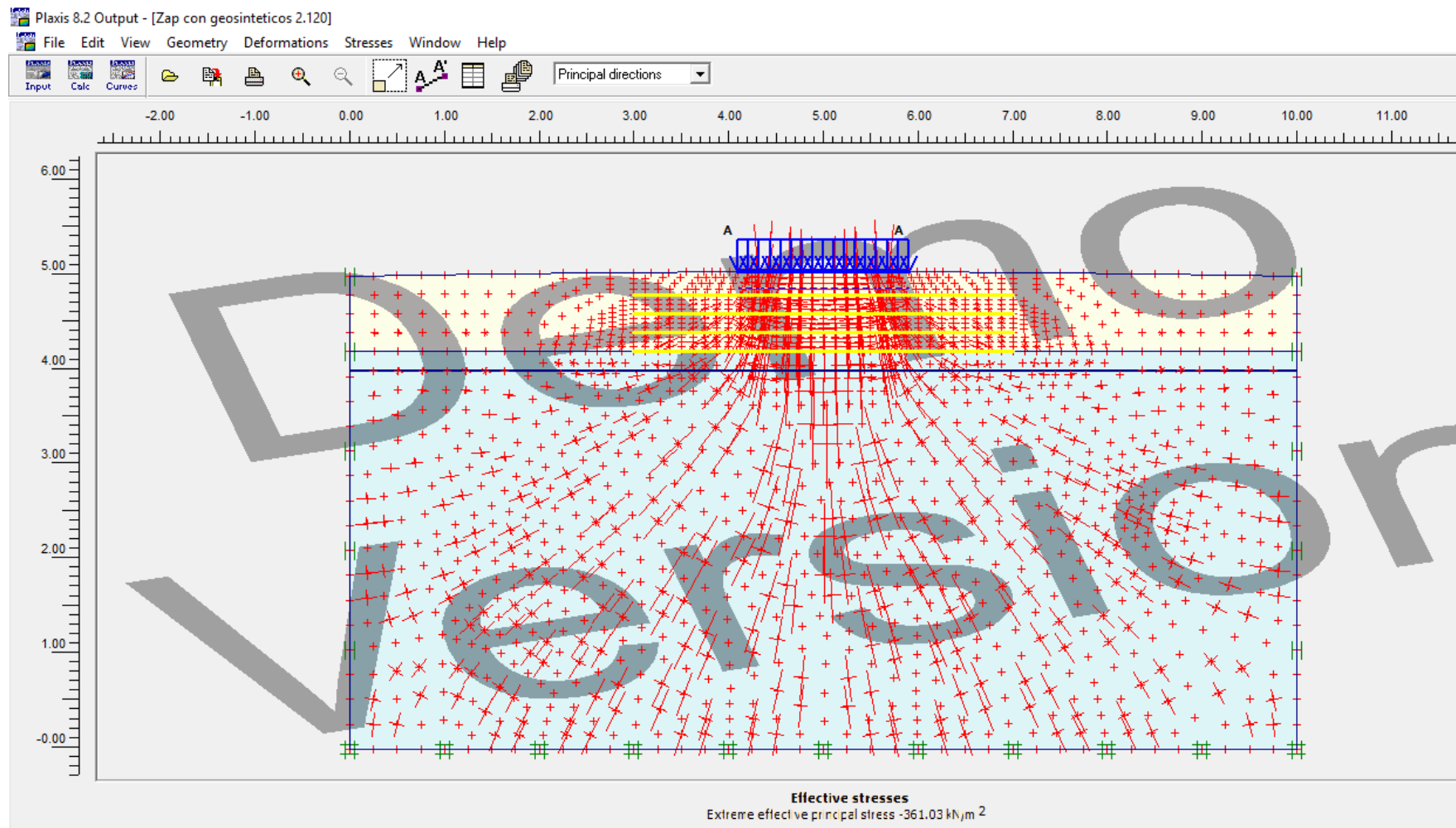


Gráfico 6-5 Deformación de la malla del conjunto cimentación con refuerzo de geo sintético

con un máximo desplazamiento de 5.11 cm PLAXIS 2D



*Gráfico 6-6 Esfuerzo principal efectivo del suelo para zapata reforzada con Geo sintético de ancho  $B=1.80\text{ m}$*

*con un máximo valor de  $-361.03\text{ kN/m}^2$  PLAXIS 2D*

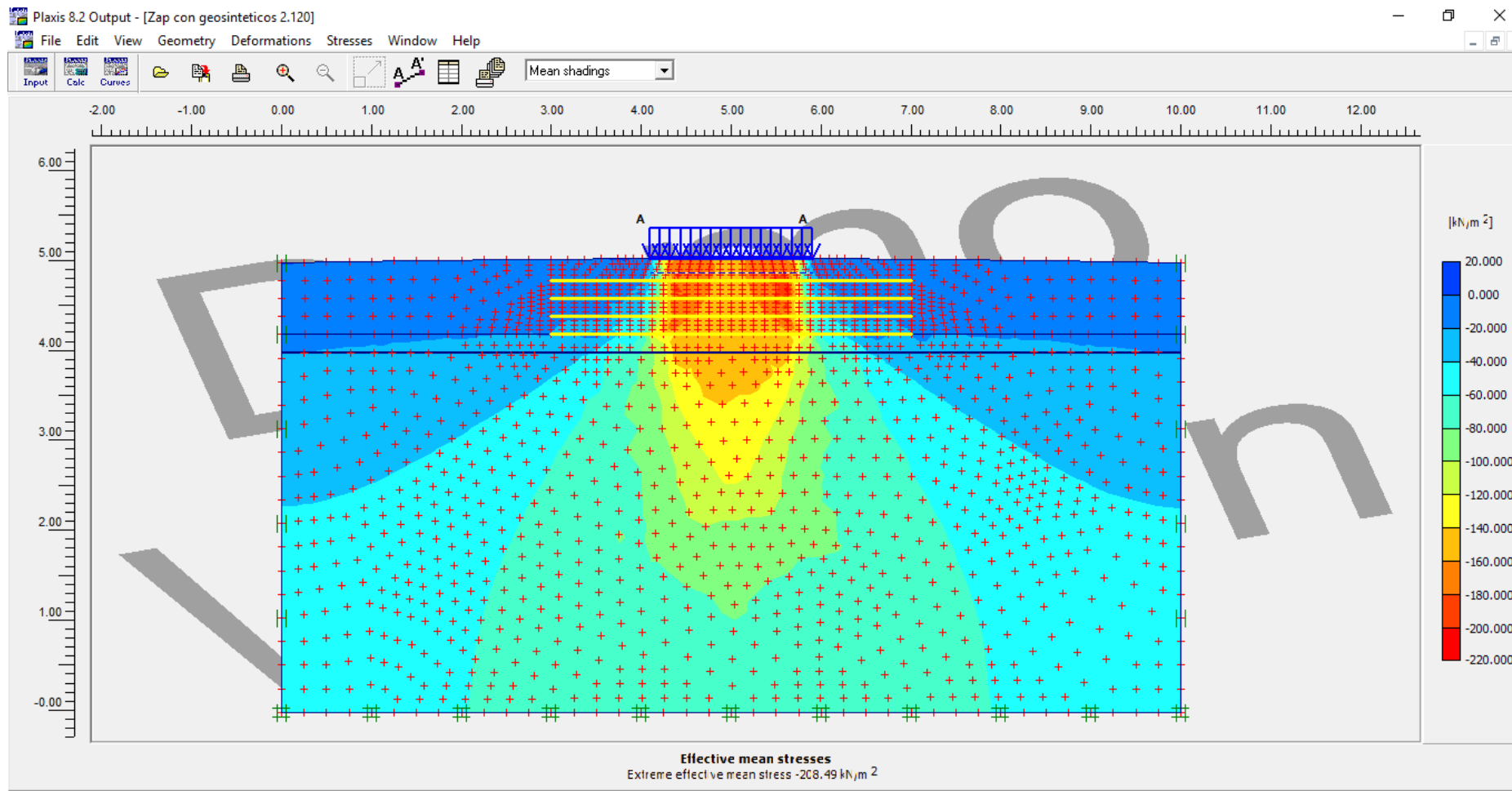


Gráfico 6-7 Disipación del Esfuerzo medio efectivo sobre el suelo para zapata con Geo sintético de ancho  $B=1.80$  m PLAXIS 2D

### 6.1.3 APLICACIÓN CASO LOSA DE CIMENTACIÓN CON PLAXIS 2D

Se realizará el modelo bidimensional en PLAXIS 2D de la losa de cimentación propuesta en el capítulo III para su posterior evaluación las cargas provenientes de las columnas serán extraídas del análisis estructural del edificio obtenido con el programa Etabs V16.

El material de suelo utilizado en el presente modelo es el elasto-plástico de Mohr – Coulomb. Los parámetros que lo definen son: E (módulo de Young) y  $\nu$  (módulo de Poisson) relativos a la elasticidad del suelo;  $\phi$  (ángulo de fricción) y C (cohesión) relativos a la plasticidad; como se detallan a continuación:

Tabla 6-2 Datos de entrada (Propiedades de los elementos a introducir en el programa PLAXIS 2D) Losa de Cimentación

Elemento	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma$ sat kN/m <sup>3</sup>	C kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ (°)	$\nu$	E kN/m <sup>2</sup>
Arena Limosa	15.4	16.7	1	28.8	0.2	16000
Concreto	24	-	-	-	0.15	21000000

En las siguientes figuras se observan el modelo y un resumen de los resultados de mayor importancia del Programa.

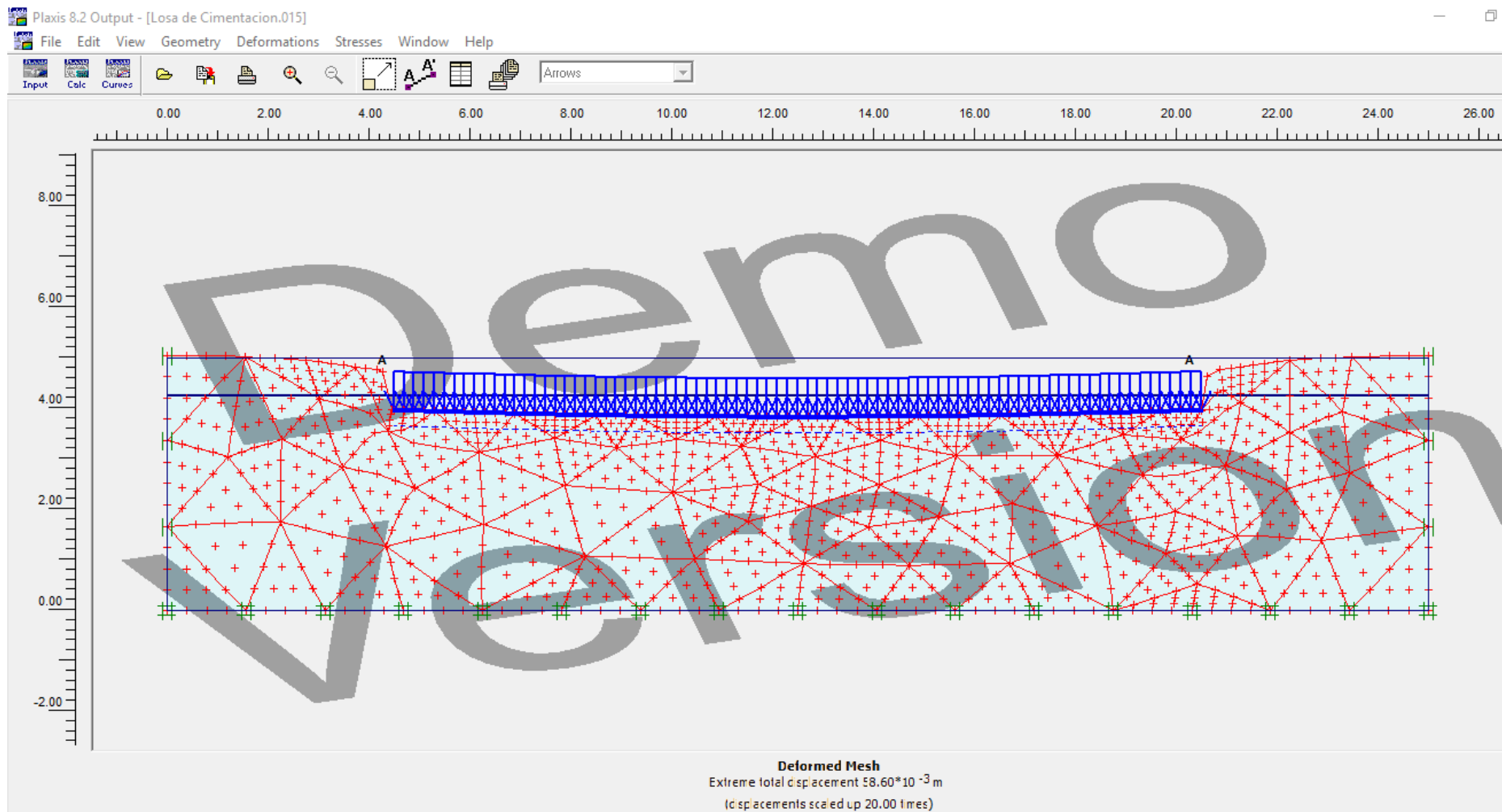
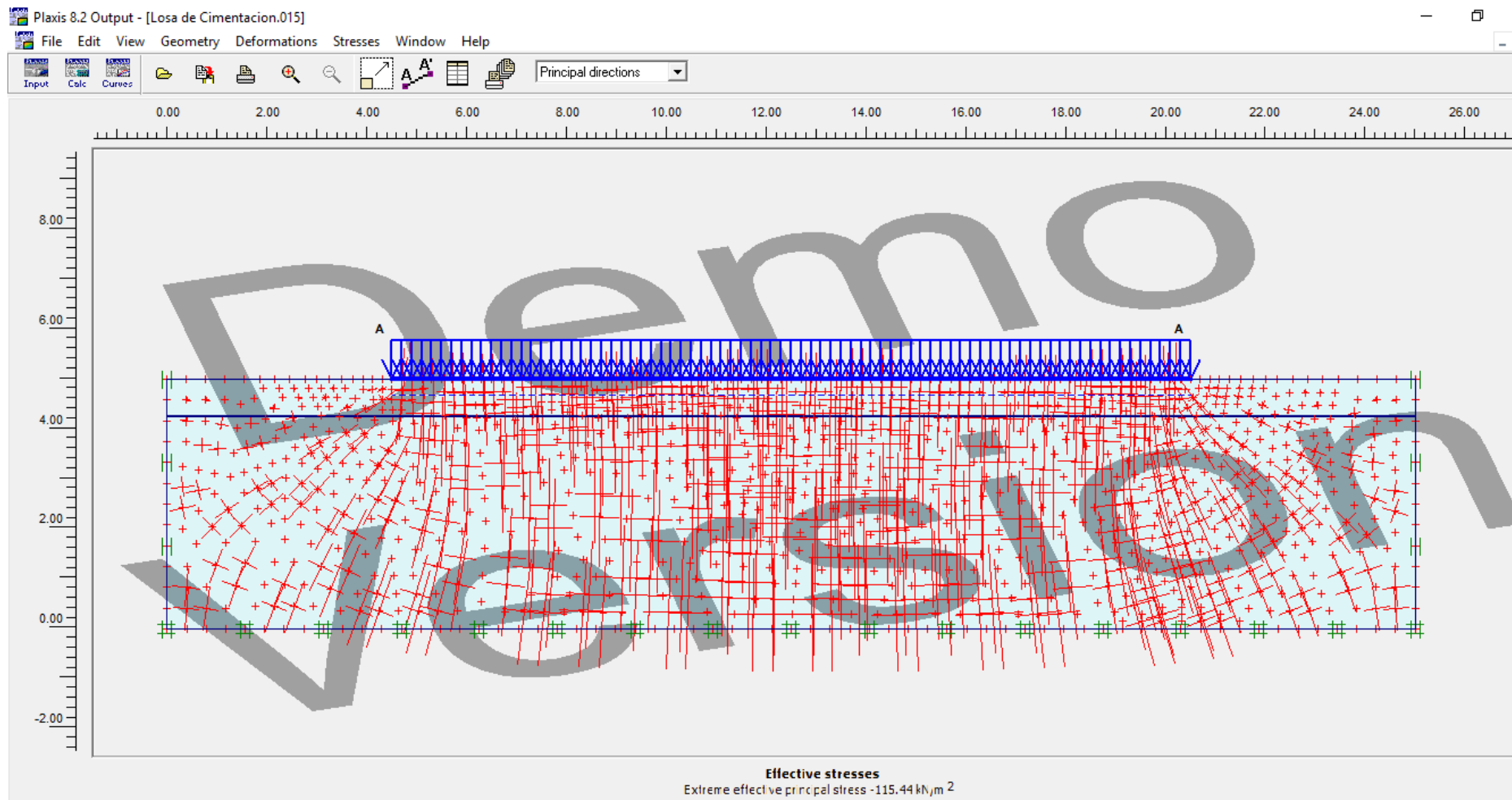
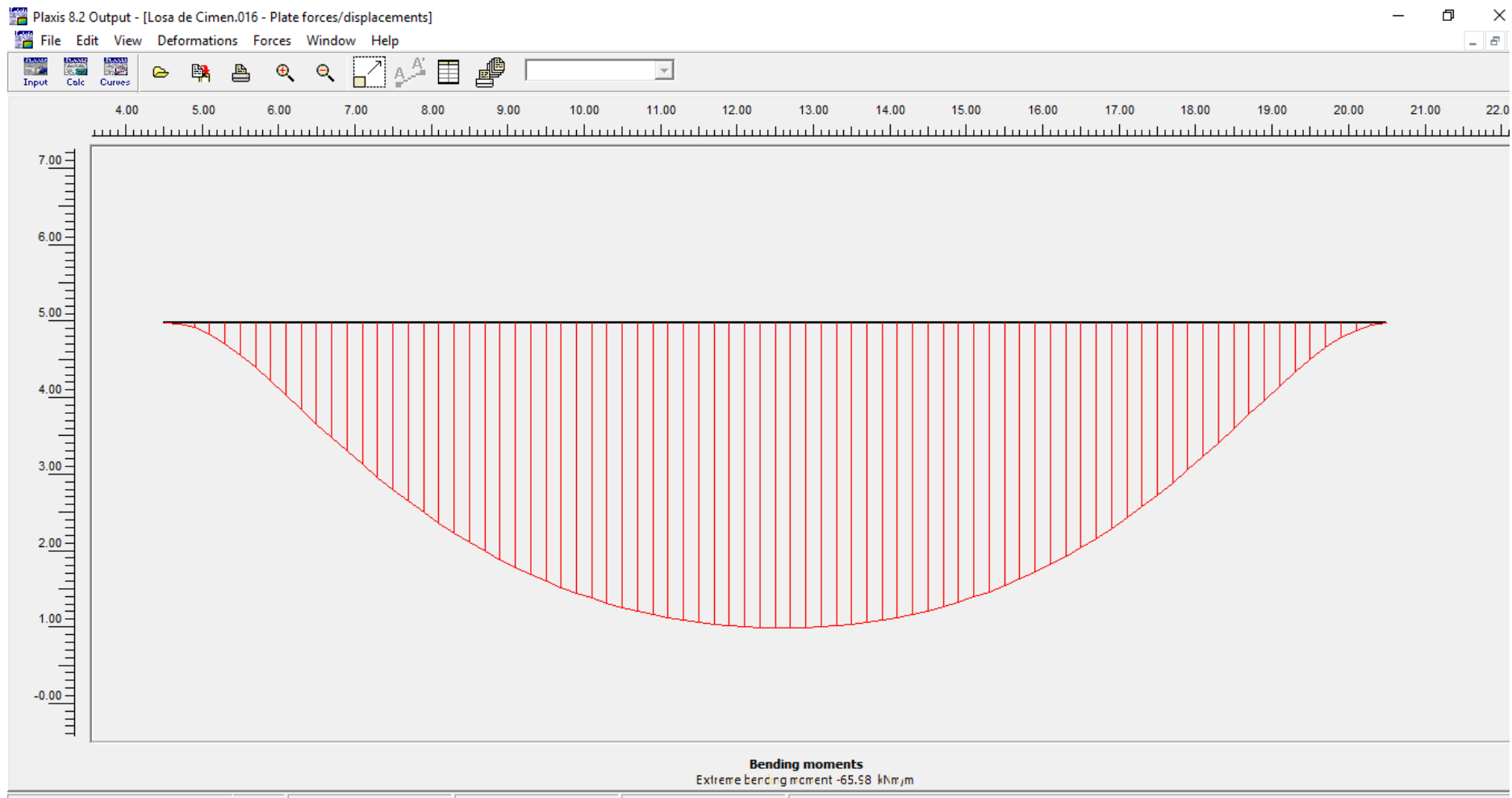


Gráfico 6-8 Deformación de la malla del conjunto Losa de Cimentación – Suelo con un máximo desplazamiento de 5.86cm



*Gráfico 6-9 Esfuerzo principal efectivo del suelo para Losa de Cimentación*

*con un máximo valor de -115.44 kN/m<sup>2</sup>*



*Gráfico 6-10 Momento máximo sobre losa de cimentación con un valor de 65.58 kN\*m*

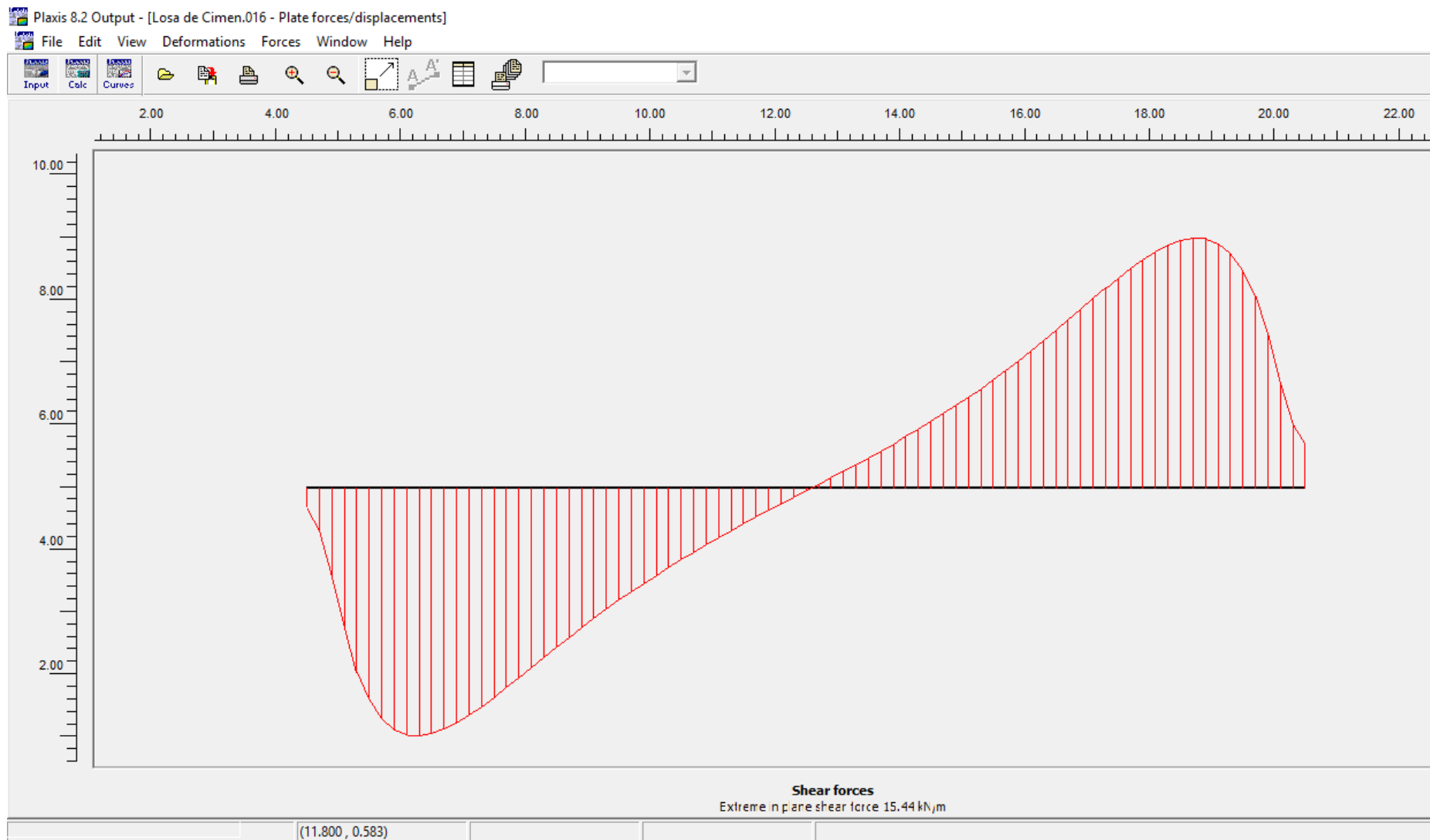


Gráfico 6-11 Cortante máxima sobre losa de cimentación con un valor de 15.44 kN

### 6.1.4 DISEÑO LOSA DE CIMENTACION APLICACIÓN DEL PROGRAMA SAFE

Alternativamente, para fines de comprobación en cuanto a resultados y consistencia del modelo flexible, se aplica el programa especializado en diseño estructural de cimentaciones superficiales SAFE V16 que forma parte del paquete tecnológico CSI.

Se exportaron las cargas en la base de las columnas directamente del análisis de la estructura realizada en Etabs, Es importante hacer notar que para la definición de los parámetros del suelo se introdujo un coeficiente de balasto de  $115.1 \text{ ton/m}^3$ , valor que se obtuvo al dividir el cociente de la carga total aplicada sobre la cimentación y el máximo desplazamiento obtenido del Análisis en Plaxis 2D. El modelo de losa de cimentación y los resultados se presentan a continuación para una cimentación flexible de  $h = 0.60 \text{ m}$ .

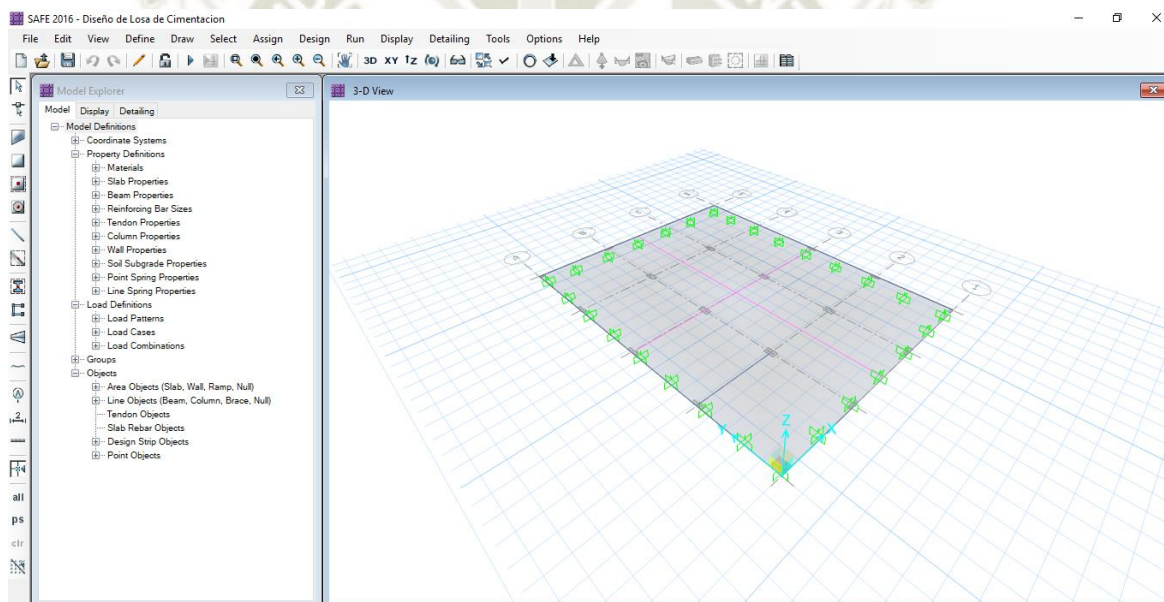


Gráfico 6-12 Modelo geométrico del modelo losa de cimentación con el programa SAFE V.16

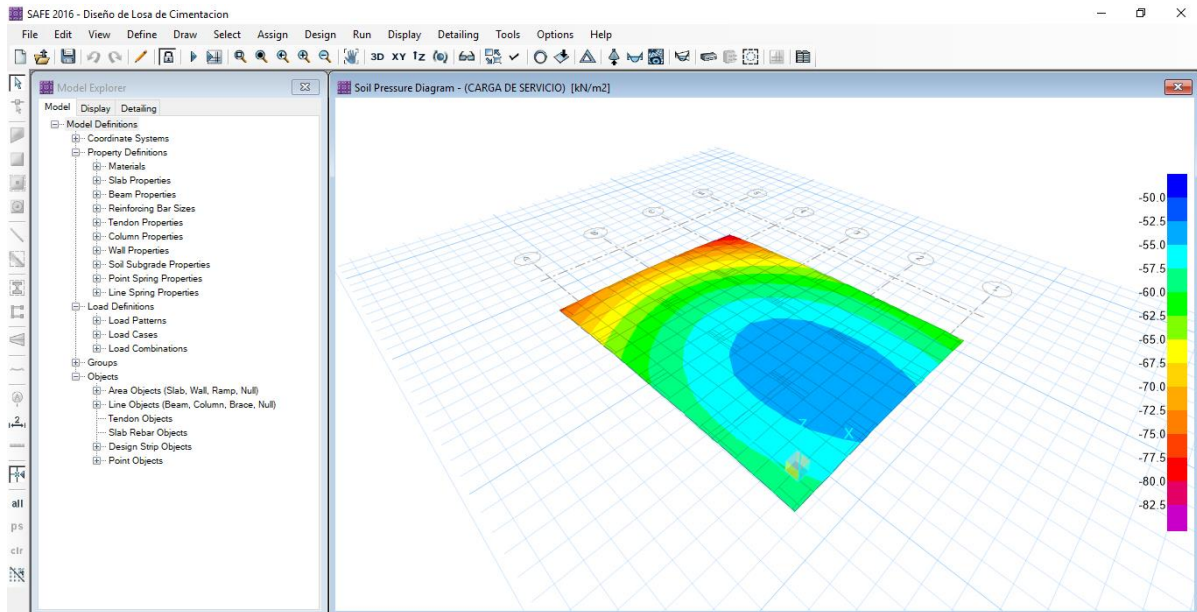


Gráfico 6-13 Presión ejercida en el suelo debido a Cargas de servicio con un valor máximo de  $81.31 \text{ kN/m}^2$  Fuente: SAFE V.16

Se puede verificar que la presión aplicada en el suelo no supera el valor de la capacidad portante del suelo la cual es  $Q_{adm} = 180 \text{ kN/m}^2$

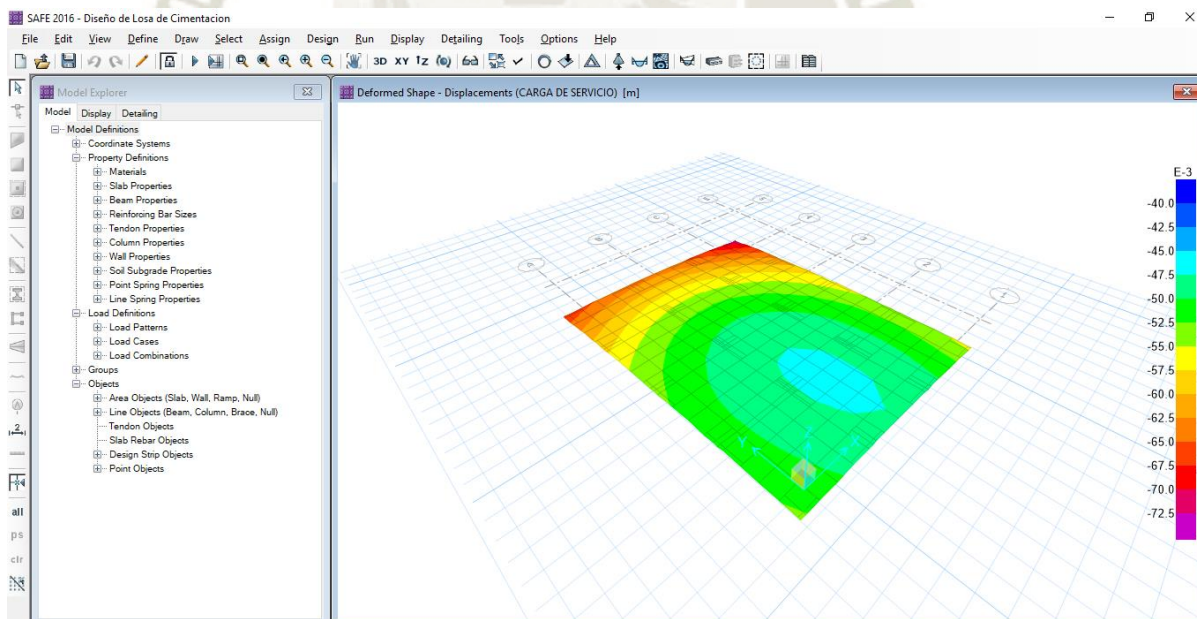


Gráfico 6-14 Asentamientos por Cargas de Servicio (Unid.: m)

Asentamiento máximo: 7.20 cm y Asentamiento mínimo: 4.71cm. Fuente: SAFE V.16

### 6.1.4.1 MOMENTOS FLECTORES Y CORTANTES EN LA LOSA DE CIMENTACIÓN

Como resultado de la variación del coeficiente de balasto, valor determinante para da distinción del suelo se obtuvieron los siguientes resultados para su posterior diseño.

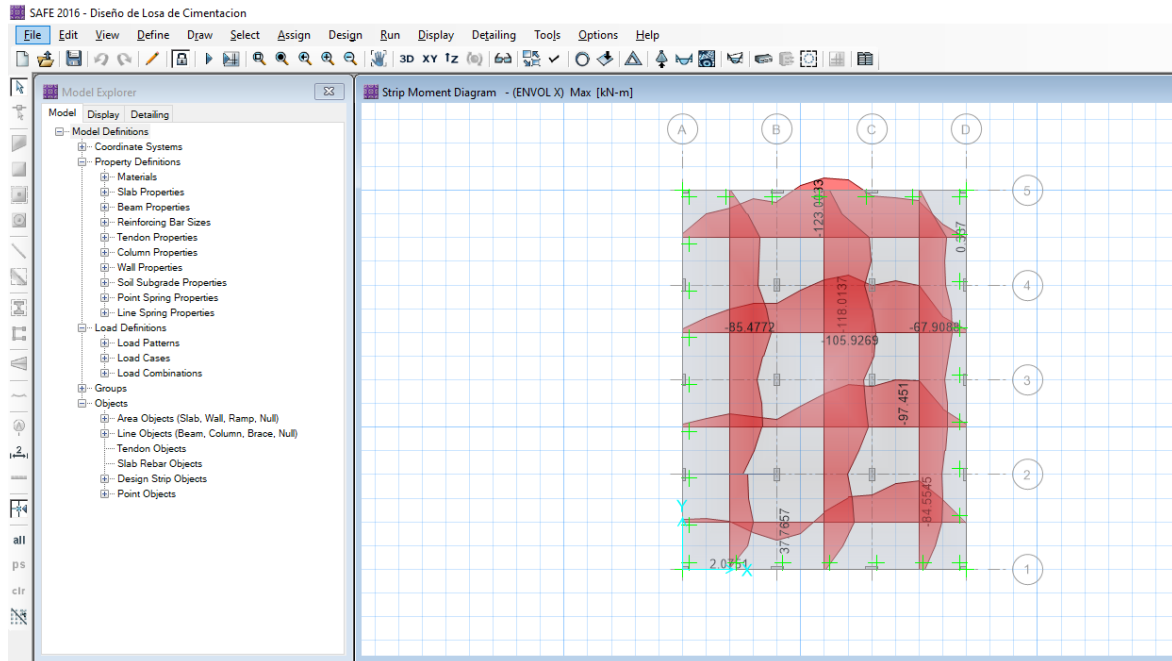


Gráfico 6-15 Momento máximo Envoltente dirección X-X (Unid.: kN\*m)

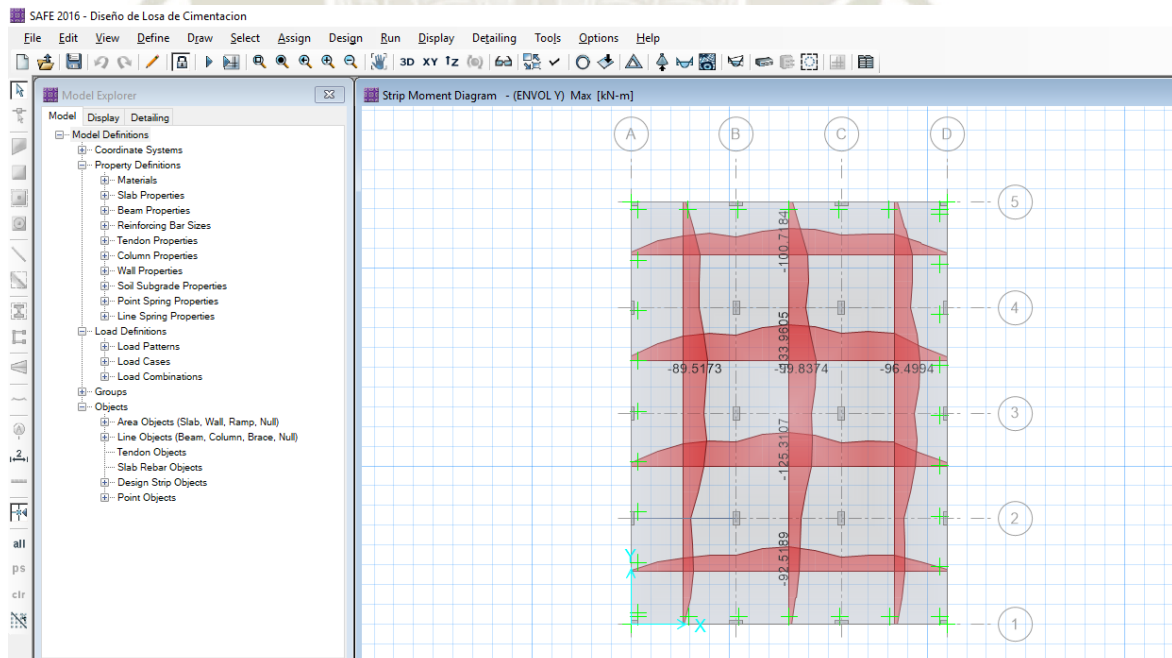


Gráfico 6-16 Momento máximo Envoltente dirección Y-Y (Unid.: kN\*m)

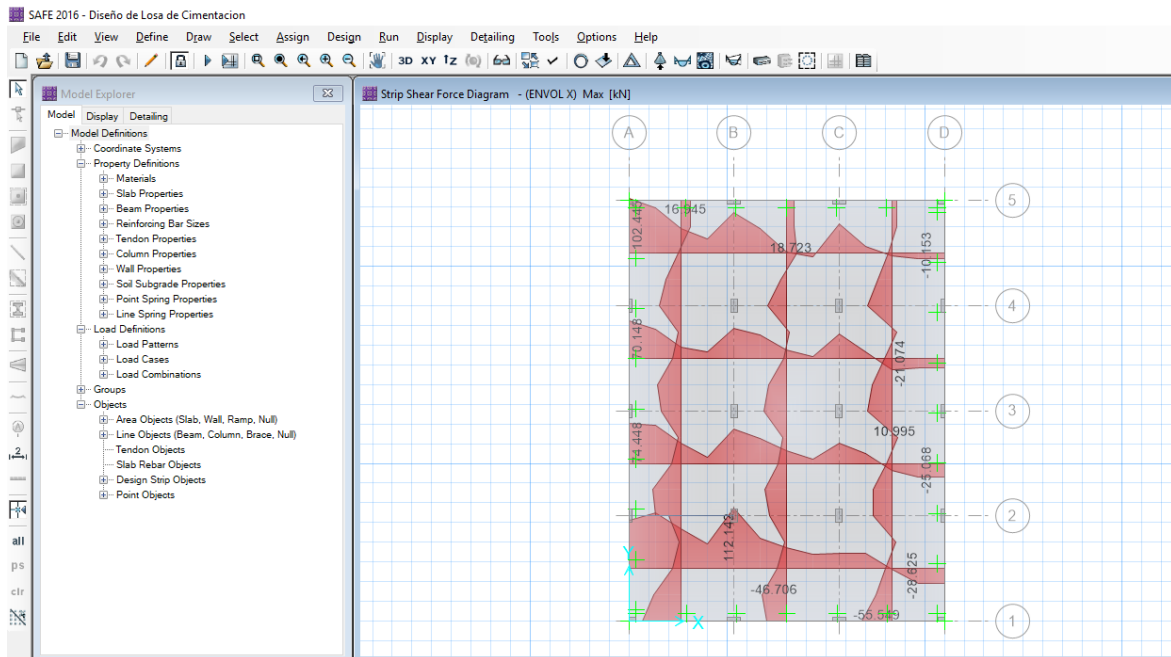


Gráfico 6-17 Cortante máximo Envolvente sentido X-X (Unid.: kN)

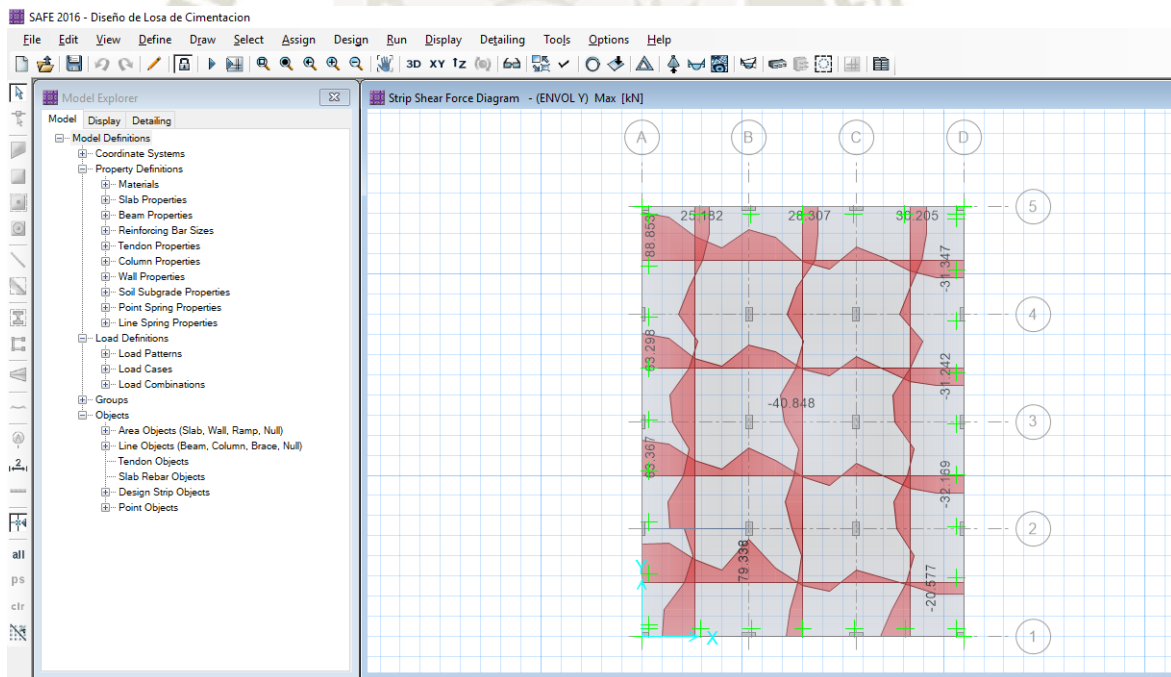


Gráfico 6-18 Cortante máximo Envolvente sentido Y-Y (Unid.: kN)

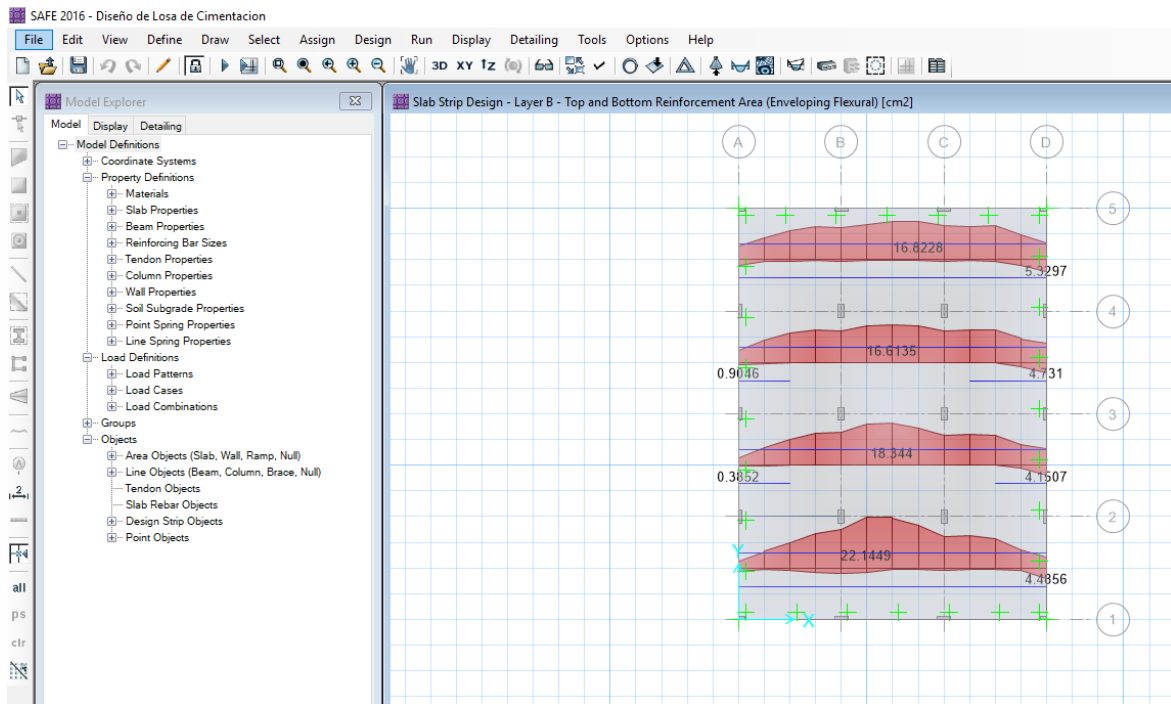


Gráfico 6-19 Diseño de Acero transversal (Unid.:  $\text{cm}^2$ ) Fuente: SAFE V.16

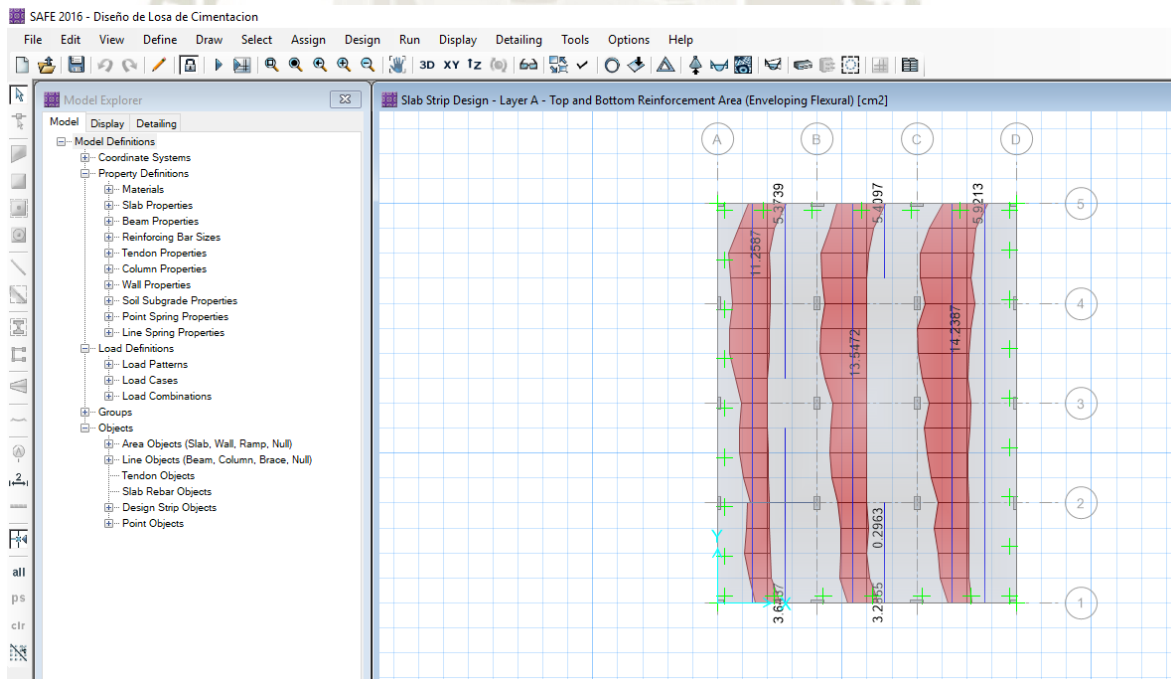


Gráfico 6-20 Diseño de Acero longitudinal (Unid.:  $\text{cm}^2$ ) Fuente: SAFE V.16

### 6.1.4.2 VERIFICACIÓN DE LOSA DE CIMENTACIÓN POR PUNZONAMIENTO

Se realiza la verificación por punzonamiento, para evaluar que el peralte asumido de la losa de cimentación sea suficiente para soportar fuerzas de cortante debo al efecto de punzado de las columnas.

El área de la sección crítica  $A_0$  (Zona de punzonamiento) se encuentra delimitada a una distancia  $d/2$  siendo del peralte efectivo de la losa, se debe verificar que el cortante ultimo sea menor al cortante resistido por el concreto a dicha distancia, si en caso no se cumpliese se deberá añadir capiteles o ábacos.

El cortante ultimo será calculado como:

$$V_u = \sigma_u(A - A_0) \quad (6.2)$$

La resistencia al cortante del concreto  $V_c$  será el menor de las siguientes ecuaciones:

$$V_c = 0.53 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f'_c} * b_o * d \quad (6.3)$$

$$V_c = 0.27 \left( \frac{\alpha_o * d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f'_c} * b_o * d \quad (6.4)$$

$$V_c = 1.06 \sqrt{f'_c} * b_o * d \quad (6.5)$$

**Fuente:** RNE. E-060

Donde:

- $\beta$  = lado largo de la columna/ lado corto
- $\alpha_o$  = 40 columnas interiores
- $\alpha_o$  =30 columnas de borde
- $\alpha_o$  =20 columnas esquineras
- $b_o$  = perímetro de la sección crítica
- $A$ = área tributaria de la columna
- $A_0$ = área de la sección crítica (Zona de punzonamiento)

Debe cumplirse que:

$$V_u \leq \phi V_c \quad (6.6)$$

**Fuente:** RNE. E-060

Caso contrario se aumentará el peralte de la losa o se diseñaran capiteles o ábacos que sirven para contrarrestar el corte por punzonamiento.

**CHEQUEO DE LOSA DE CIMENTACION POR PUNZONAMIENTO**  
**Columna esquinera C-3**

$\sigma_u$ =	12.23	ton/m
d=	0.53	m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
X=	4	m
Y=	4	m
xo=	1.03	m
yo=	0.78	m
A=	16	m <sup>2</sup>
Ao=	0.8034	m <sup>2</sup>
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>

cortante por punzonamiento		
Vu=	185.854	ton
$\beta$ =	2.00	
$\alpha$ =	20	
bo=	181	cm
Vc=	147.36	ton
Vc=	294.88	ton
Vc=	147.36	ton
Vu/Ø=	218.65	ton

aumentar  
d

**h necesario para capitel**

h=	78.6429645	cm
----	------------	----

1er tanteo                      n= 1.2                      m

Xo=	1.7	m	
Yo=	1.45	m	
Ao=	2.465	m <sup>2</sup>	
bo=	315	m	
Vu=	165.53305	ton	
Vc=	256.44955	ton	
Vu/Ø=	194.74	ton	ok

Finalmente, para el diseño de la losa de cimentación se determinó un peralte de  $h = 0.6\text{m}$  con capiteles en las columnas esquineras de  $0.80\text{ m}$  se detalla el diseño en los planos adjuntos.

## CAPITULO VII

### 7 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de la cimentación se verifico el asentamiento diferencial tolerable para el sistema de cimentación reforzada con geo sintético y la losa de cimentación, lo cual indico que el análisis se encuentra entre los parámetros aceptables. Se realizó una comparación técnica de las tenciones y las deformaciones para el caso de zapatas con y sin refuerzo de geo sintético, de acuerdo a ello también se pudo deducir el valor o los valores convenientes del Coeficiente de Balastro, en aplicación de la teoría de Winkler, y la variación a nivel de contacto suelo-estructura de cimentación.

Finalmente se hizo una comparación económica de las principales partidas entre la cimentación reforzada con geo sintéticos y la losa de cimentación.

#### 7.1 ASENTAMIENTO TOLERABLE

Se Verifico el asentamiento diferencial para el control de la distorsión angular por asentamientos como indica la norma RNE. E-050 de Suelos y Cimentaciones.

Caso Cimentación reforzada con geo sintéticos:

De obtuvieron los valores asentamiento máximo y mínimo,  $S_{max}$  y  $S_{min}$  respectivamente del análisis de la columna más cargada y la menos cargada introducidas al programa PLAXIS 2D.

Distorsión angular =  $(S_{máx} - S_{mín})/L = (5.11-2.63) /1600= 0.0015$  valor que es menor a  $1/500= 0.002$  limite permisible para edificios en los que no se permiten grietas.

Caso Losa de cimentación

En este caso los valores asentamiento máximo y mínimo, se obtuvieron del análisis de la losa de cimentación mediante el programa SAFE V16.

Distorsión angular =  $(S_{máx} - S_{mín})/L = (7.6-4.71) /1600= 0.0018$  valor que es menor a  $1/500= 0.002$  limite permisible para edificios en los que no se permiten grietas.

Tabla 7-1 Límites máximos permisibles distorsión angular (Fuente RNE. E-050)

<b>DISTORSIÓN ANGULAR <math>\alpha</math></b>	
$\alpha = d/L$	Descripción
1/150	Límite en el que se puede esperar daño estructural en Edificios convencionales
1/250	Límite en el que la pérdida de verticalidad de Edificios altos y rígidos puede ser visible
1/300	Límite en el que se puede esperar dificultades con puentes grúas
1/300	Límite en el que se debe esperar las primeras grietas en paredes
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1.20 m
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamiento

## 7.2 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS Y ESFUERZOS EFECTIVOS SOBRE EL SUELO CON Y SIN GEOSINTÉTICO

Debido a las condiciones del terreno y poder cumplir con los requisitos del criterio de Mohr coulomb sin que colapse el suelo ante la acción de las cargas se consideró primeramente el análisis de una zapata cuadrada de  $B \times B$  de 3 metros sin refuerzo de geo sintéticos. Posteriormente se analizó una zapata sobre el suelo reforzado con geo sintéticos que al mejorar las condiciones del terreno se pudo optimizar y reducir el área de contacto, considerando entonces un ancho  $B \times B$  de 1.8 x 1.8 m. Un resumen de los resultados obtenidos en el programa de elementos finitos PLAXIS se presenta a continuación.

Tabla 7-2 Máximos desplazamientos y esfuerzos obtenidos en Plaxis 2D

Descripción	Máximo Desplazamiento (cm)	Máximo Esfuerzo vertical $\text{kN/m}^2$	Coefficiente de Balastro $\text{kN/m}^3$
Zapata sin Geo sintético $B \times B=3 \times 3\text{m}$	8.00	140.33	1754.13
Zapata con Geo sintético $B \times B=1.8 \times 1.8\text{m}$	5.81	361.03	6213.94

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar la disminución del asentamiento vertical para la zapata reforzada con geo sintético. Si se quiere comparar el máximo esfuerzo vertical sobre el suelo de la zapata con y sin geo-sintético se debe tomar la columna del Coeficiente de Balastro debido a la

diferencia del área de contacto de las dos opciones, obteniendo así un mayor valor para la zapata con refuerzo de geo sintético.

También se pudo observar que el máximo esfuerzo vertical en la zapata sin refuerzo de 140.33 kN/m<sup>2</sup> es menor a la capacidad resistente del suelo el cual se determinó de 152 kN/m<sup>2</sup> de esta forma se dimensiono la cimentación, de igual manera el esfuerzo vertical para la zapata reforzada de 361.03 kN/m<sup>2</sup> es menor a la capacidad resistente del suelo reforzado, valor que se determinó de 511.50 kN/m<sup>2</sup> el cual se encuentra en los Anexos adjuntos.

### 7.3 ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS DEL SUELO SEGÚN SU PROFUNDIDAD PARA CIMENTACIÓN REFORZADA CON GEO SINTÉTICOS

Las fórmulas para el cálculo de capacidad portante han sido afectadas de forma que se considere la presión de poros por tener el nivel freático cerca de la base de la cimentación, es por ello que la capacidad del terreno varia conforme a su profundidad, así también el esfuerzo que genera la cimentación sobre el suelo será disipado por cada una de las capas del refuerzo con geo sintético; por estas razones se verifico que el esfuerzo principal efectivo sobre el suelo no exceda la capacidad de soporte del suelo de fundación. En la siguiente figura se muestra la variación del esfuerzo resistente y el esfuerzo actuante en función de la profundidad.

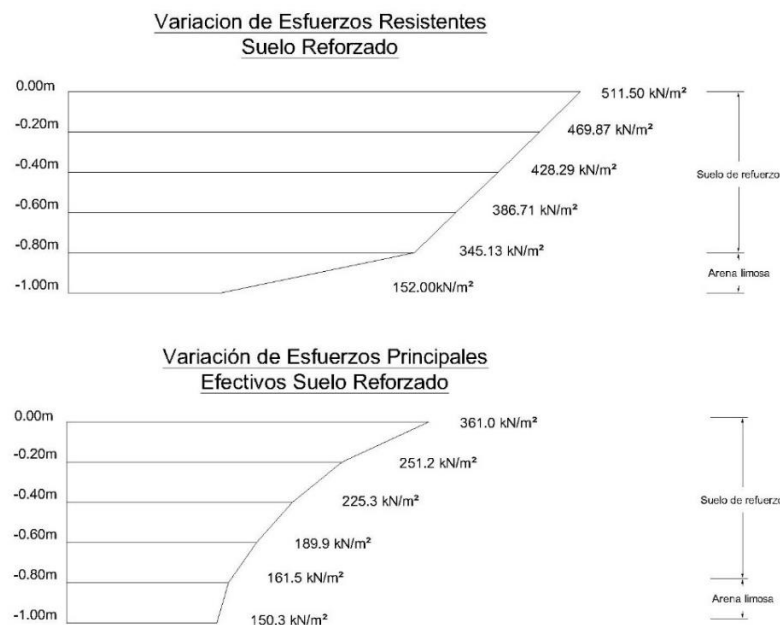


Gráfico 7-1 Variación de esfuerzos resistentes y actuantes sobre las capas de refuerzo de geotextil **Fuente:** Elaboración Propia

#### 7.4 ANALISIS DE LOS COEFICIENTES DE BALASTRO PARA LOSA DE CIMENTACION

Podemos obtener el valor del coeficiente de balastro representativo del modelo en función al total de cargas interpuestas correspondientes al elemento de cimentación dividido entre la máxima deflexión que se da en la interfaz entre la estructura y el suelo. Para este caso particular se muestra a continuación el cálculo respectivo del coeficiente de balastro para la losa de cimentación del modelo de elementos finitos en PLAXIS:

Tabla 7-3 Cálculo del coeficiente de balastro representativo de la losa de cimentación por método de elemento finitos

Descripción	cantidad	unidad
Fuerza vertical del elemento	12817.7	kN
Área de contacto (16x12)	192	m <sup>2</sup>
Presión de contacto	66.76	kN/m <sup>2</sup>
Máximo asentamiento	0.058	m
Coeficiente de balastro por PLAXIS	1151	kN/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

Se determinó el asentamiento o la máxima deflexión que se generaría en función al módulo de balastro calculado del manual de diseño de NAVFAC, valor obtenido de forma indirecta.

Tabla 7-4 Cálculo del asentamiento máximo de la losa de cimentación por balastro analítico

Descripción	cantidad	unidad
Fuerza vertical del elemento	12817.7	kN
Área de contacto (16x12)	192	m <sup>2</sup>
Presión de contacto	66.76	kN/m <sup>2</sup>
Máximo asentamiento	0.030	m
Coeficiente de balastro NAFAC	2300	kN/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

Se entiende que el coeficiente de balastro es inversamente proporcional a la deformación vertical del suelo, es por ello que un valor más alto del coeficiente de balastro indica un menor asentamiento, y por consecuencia un mejor comportamiento del suelo generando menores fuerzas, momentos y cortantes en la losa de cimentación.

## 7.5 ANALISIS DE COSTOS

El análisis de costos entre la cimentación reforzada con geo sintéticos y losa de cimentación, parte de un Metrado de las Partidas implicadas para la construcción de ambos sistemas de cimentación. Se realizó el análisis de costos unitarios para la obtención de un presupuesto con ayuda del programa S10 de ambos sistemas de cimentación los cuales se adjuntan en los Anexos, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 7-5 Cuadro comparativo del presupuesto de los sistemas de cimentación

DESCRIPCIÓN	Costo parcial (S/.)	Costo total (S/.)
<b>ZAPATAS SOBRE SUELO REFORZADO CON GEO SINTÉTICOS</b>		<b>66,058.07</b>
Movimiento de tierras	<b>35,153.28</b>	
Instalación geotextil	<b>3,018.24</b>	
Concreto simple	<b>2,917.77</b>	
Concreto armado	<b>24,379.34</b>	
Zapatas	13,790.74	
Viga de cimentación	10,588.60	
<b>LOSA DE CIMENTACION</b>		<b>99,214.49</b>
Movimiento de tierras	<b>24,327.55</b>	
Concreto armado	<b>74,297.50</b>	
Losa de cimentación	68,007.33	
Viga de cimentación	5,415.73	
Capiteles	874.44	

Fuente: **Elaboración Propia**

## CONCLUSIONES

- A. Es viable la construcción de edificios con el sistema de cimentación de zapatas reforzadas con geo sintéticos debido a que presenta un comportamiento óptimo bajo las condiciones técnicas de diseño, también se determinó que es mucho más conveniente en el aspecto económico que el uso de una losa de cimentación. Se descartó la posibilidad de usar un sistema de abatimiento del nivel freático para las características y condiciones locales de nuestro caso de estudio debido a que el costo de instalación y operación incrementarían el costo del sistema de cimentación.
- B. Se realizaron 3 Pozos de investigación, de los cuales se determinó que el suelo está compuesto por 2 estratos: El estrato I, está conformado por un suelo de relleno producto de desmontes con granulometría variada, con presencia de material orgánico con un espesor de 1.0 m. El estrato II, está compuesto por un depósito aluvial reciente de arenas con limo de coloración café oscuro. de compacidad baja y alta humedad siendo este estrato II el más adecuado para ser utilizado como terreno de fundación. Finalmente, se encontró solo en la tercera calicata un estrato III el cual resulto ser también una arena limosa con menor peso específico y compacidad suelta de coloración gris claro. Se encontró el nivel freático a 2.40 m en su punto más alto con respecto al nivel de la superficie del terreno.
- C. Se seleccionó Material Geo textil tejido como Geo sintético para el sistema de refuerzo, a pesar que las geo mallas presenta un mejor comportamiento para reforzamientos de suelos por su elevada resistencia a la tracción y su capacidad de trabazón y adherencia con el suelo. Sin embargo, no fue posible conseguir este material en pequeñas cantidades por el proveedor de nuestro area local.
- D. Se comprobó que la dirección de las fibras del material Geotextil Tejido juegan un rol importante en el Ángulo de interacción del suelo- geotextil Tejido sin tener en cuenta las fuerzas a tracción que sufre. Se tomaron datos en el sentido principal del tejido de la maquina (Machine Direction) MD obteniendo un valor de  $29.7^\circ$  y en su sentido perpendicular al tejido de la maquina (Cross Direction) XD de  $27.5^\circ$  para el diseño se utilizó el Ángulo de fricción en el sentido más desfavorable.
- E. La mejora de las condiciones del suelo reforzado se observa por el hecho de que la capa de material geo textil interrumpe el plano de falla del suelo, este suceso es fácil de observar en el ensayo Triaxial Confinado ASTM 4767-95 donde se coloca geo-textil en la mitad de la muestra o a  $1/3$  y  $2/3$  de su altura, así se puede observar el incremento del Ángulo de fricción.

- F. En cuanto al análisis estructural la edificación de 5 pisos materia del presente estudio cumple con las características de seguridad y estabilidad frente a las solicitaciones de carga sísmica en las dos direcciones ortogonales analizadas mediante el programa ETABS V16. Se utilizó un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por  $S_a = 1.234 \text{ m/seg}^2$ . Se determinó el periodo fundamental de edificio de 0.371 segundos. Además, se corroboró que los desplazamientos laterales son menores a los permitidos en la norma E-030 del RNE. para cada una de las direcciones horizontales
- G. Se determinó el valor del coeficiente de reacción del suelo en función de los desplazamientos y las cargas aplicadas en el modelo de elementos finitos con PLAXIS 2D para zapatas aisladas con y sin geo sintéticos, pudiendo comprobar que el uso de geo-sintéticos proporcionó un mayor valor del coeficiente balastro mejorando el comportamiento de la cimentación, y por ende la optimización con una menor área de contacto permitiendo el uso de zapatas más pequeñas.
- H. Para el caso de la losa de cimentación se pudo verificar que cumple con las solicitaciones de esfuerzos sobre el suelo siendo  $115.44 \text{ kN/m}^2$  el cual es menor a la capacidad que soporta el terreno de  $180 \text{ kN/m}^2$ . De igual forma se pudo comprobar que el esfuerzo disipado por cada capa de refuerzo de geo textil es menor a la capacidad resistente del suelo el cual varía conforme a su profundidad.
- I. El coeficiente de balastro obtenido del modelo de elementos finitos con el programa de geotecnia PLAXIS es mucho menor al valor obtenido por el manual de NAFAC el cual es un valor obtenido de forma indirecta. Por lo tanto, se puede decir que el programa PLAXIS nos permite obtener resultados más aproximados debido a que considera mayor número de variables para su determinación.

## RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda que para la etapa de extracción de muestras en un terreno que posiblemente presente nivel freático cerca de la superficie de terreno se tenga entre el equipo de inspección una bomba que extraiga el agua del sub suelo y permita, llegar a la profundidad necesaria que indica la norma de los pozos de investigación.
- B. La selección del tipo de cimentación a utilizar dependerá de las condiciones físicas del suelo, la estratigrafía y la ubicación del estrato con mejores características para resistir las cargas y esfuerzos últimos, el régimen hidrológico del sitio es decir si existe presencia de agua que modifique el comportamiento del suelo produciendo

- contracciones por la pérdida de húmeda e hinchamiento oh expansión del suelo por humedecimiento excesivo.
- C. En el caso que se encuentre el nivel freático cerca de la superficie del terreno, se recomienda realizar una evaluación costo beneficio entre el reforzamiento del suelo de fundación con geo textiles y realizar un drenaje o el abatimiento del nivel freático como alternativas de mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo.
- D. Se decidió remplazar el material del suelo natural por un suelo granular de mejora debido a que no cumple con los requerimientos para un mejor acomodo de las partículas en la interface suelo- geo sintético, se recomienda un material granular donde el porcentaje de finos este por debajo del 20%, el índice de plasticidad sea inferior al 12% y el material en campo se compacte al 98% del Proctor modificado.
- E. Se encontraron una variación de los momentos flectores y fuerzas cortantes en la losa de cimentación, obteniendo con PLAXIS 2D valores menores en un 38.1% a los momentos flectores en una franja central y menores en un 62.2% en la máxima fuerza cortante obtenida por SAFE V.16, esto se debe a que PLAXIS solo presenta una vista en corte de la sección transversal de la cimentación, sin poder localizar las cargas de forma específica como lo permite el programa SAFE, siendo recomendable el uso de una versión en 3 dimensiones para un cálculo más exacto de las fuerzas y momentos que actúan sobre la cimentación.
- F. El presente estudio se realizó para las condiciones y características del Suelo ubicado en el Sector de Socabaya – Arequipa, para hacer uso del sistema de cimentaciones reforzadas con geo sintético en suelos con otra ubicación, será necesario realizar un estudio del sitio mediante ensayos de mecánica de suelos, así también hacer una evaluación económica y un análisis del comportamiento de la cimentación para su respectivo diseño.
- G. Se recomienda un tratamiento de drenaje del suelo, para asegurar que el descenso o incremento del nivel freático no dificulte el procedimiento constructivo en la instalación de las capas de refuerzo, así también no afecte el comportamiento del sistema de cimentación reforzada con geo sintéticos en el periodo de vida útil del Edificio.

## REFERENCIAS

- Bardales, Z. A. (1979). *Microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa*. Lima, Perú.: Laboratorio Geotécnico del CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Canchari, J. C. (2013). *Métodos analíticos y numéricos aplicados al diseño de cimentaciones superficiales considerando su interacción con el suelo*. Lima Perú: universidad nacional de ingeniería.
- Das, B. M. (2011). *Fundamentos de la ingeniería de Cimentaciones Séptima Edición*. México: Cengage Learning.
- Fabra, V. F. (2005). Sistemas well point, Riegos y medidas preventivas. *Seguridad Practica en obras de construcción* (págs. 12-36). Murcia - España: Grupo ETOSA.
- Fine civil engineering software*. (23 de septiembre de 2018). Axial Stiffness of Geosynthetics. Obtenido de <https://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/axial-stiffness-of-geosynthetics-01/>
- Genner Villarreal, C. (2009). *Interacción sísmica suelo estructura en edificaciones con zapatas aisladas*. Lima-Perú: Asamblea Nacional de Rectores.
- Geosistemas Pavco S.A., u. e. (2009). *Manual de diseño con geo sintéticos*. Bogotá D.C. - Colombia.
- Gil, A. C. (1970). *Estabilidad y comportamiento de los suelos en el Perú*. Lima: Concytec.
- González, A. F., Bazán, I. E., & Dávi, I. V. (2002). *Proyecto de mitigación Sector Lara-Socabaya-Arequipa*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- IGS, S. I. (2016). GeoAmericas 2016 Proceedings. *Las predicciones de la vida útil de los geotextiles y geo membranas*. USA.
- INGEMET. (5 de Mayo de 2017). [www.igemet.gob.pe](http://www.igemet.gob.pe). Obtenido de [www.igemet.gob.pe](http://www.igemet.gob.pe)
- Ingenierodecaminos.com*. (20 de 10 de 2018). Agotamiento del nivel freático. Obtenido de <https://ingeniero-de-caminos.com/drenaje-del-nivel-freatico/>
- José, I. L. (2005). *Apuntes de mecánica de Suelos "Coeficiente de Balasto"*. Argentina: Universidad Nacional de la plata.
- Koerner, R. M. (2012). *Diseño con Geo sintéticos 6ta Edición Volumen 1*.USA. Pearson Prentice Hall
- Laura, O. M. (2016). Análisis de la interacción suelo-estructura de fundación, mediante el método de las diferencias finitas. *Ciencia sur vol. 2. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho*, pg (18-27).

- Merritt, F. S. (1992). *Manual del Ingeniero Civil Tomo I Tercera Edición*. México: McGRAW-HILL/ Interamericana Editores.
- Muñoz Henao Santiago (15 de noviembre del 2010). Calculo de las propiedades del suelo a través de parámetros indirectos. Recuperado de <http://clacificacionmuestrasopetran.blogspot.com/2010/11/calculo-de-las-propiedades-del-suelo.html>
- Naval Facilities Engineering Command NFAC, D. (septiembre de 1983). *vulcanhammer.net*. Obtenido de <http://www.vulcanhammer.org>
- Perea, H. E. (2012). *Cimentaciones Superficiales Reforzadas con Geo sintéticos*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED, Madrid.
- Piqueras, V. Y. (12 de octubre de 2014). *PoliBlogs Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/pozo-puntual/>
- PLAXIS, S. (15 de JUNIO de 2018). *Plaxis 2D Tutorial Manual*. USA.
- Tellez, L. M. (2008). *Respuesta del suelo -geo textil en estructuras de suelo reforzadas, mediante la obtención de los coeficientes de interacción, a través de los ensayos pull out y corte directo modificado a una misma escala*. (Tesis de Pregrado) Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Valandia, A. M. (2016). *Análisis del comportamiento del suelo de cimentación de edificaciones pequeñas, sometidas a incrementos de esfuerzos generados por construcciones vecinas de mayor tamaño*. (Tesis de Maestría) Universidad Santo Tomás , Bogotá- Colombia
- Vargas, M. D. (1999). *Ingeniería de Cimentaciones: Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico*. Colombia: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A.
- Villalaz, I. C. (2010). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones 6ta Edición*. México: Editorial Limusa.
- Vito A. Guido, D. K. (1986). Comparison of geogrid and geotextile reinforced earth slabs . *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 23, No. 4 , pp. 435-440 .
- Wood, D. M. (1990). *Soil Behaviour and Critical State Soil Mechanics*. EE.UU.: Cambridge University Press.
- Zeevaert, W. L. (1980). *Iteración Suelo-Estructura de Cimentaciones Superficiales y Profundas, sujetas a cargas Estáticas y Sísmicas*. México: Limusa S.A.
- Zienkiewicz, O. y. (1994). *El método de los elementos finitos*. España: McGRAW- HILL.



**ANEXO 1 PANEL FOTOGRÁFICO**



Foto N°01 Vista y localización del terreno en estudio

**Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°02 Vista de la Calicata C-3 durante su excavación

**Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°03 Vista del nivel freático en el pozo de investigación

**Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°04 Muestra alterada e inalterada para los estudios de laboratorio

**Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°05 Secado de las muestras saturadas al aire libre. **Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°06 Equipo de Laboratorio para Ensayo de peso específico.

**Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°07 Mesa vibratoria para Densidad máxima. **Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°08 Aglomerado de suelo y material orgánico en muestra de suelo

**Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°09 preparación de rollitos para determinación del límite plástico.

**Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°10 Cuchara de Casa Grande Determinación limite líquido.

**Fuente:** Elaboración Propia



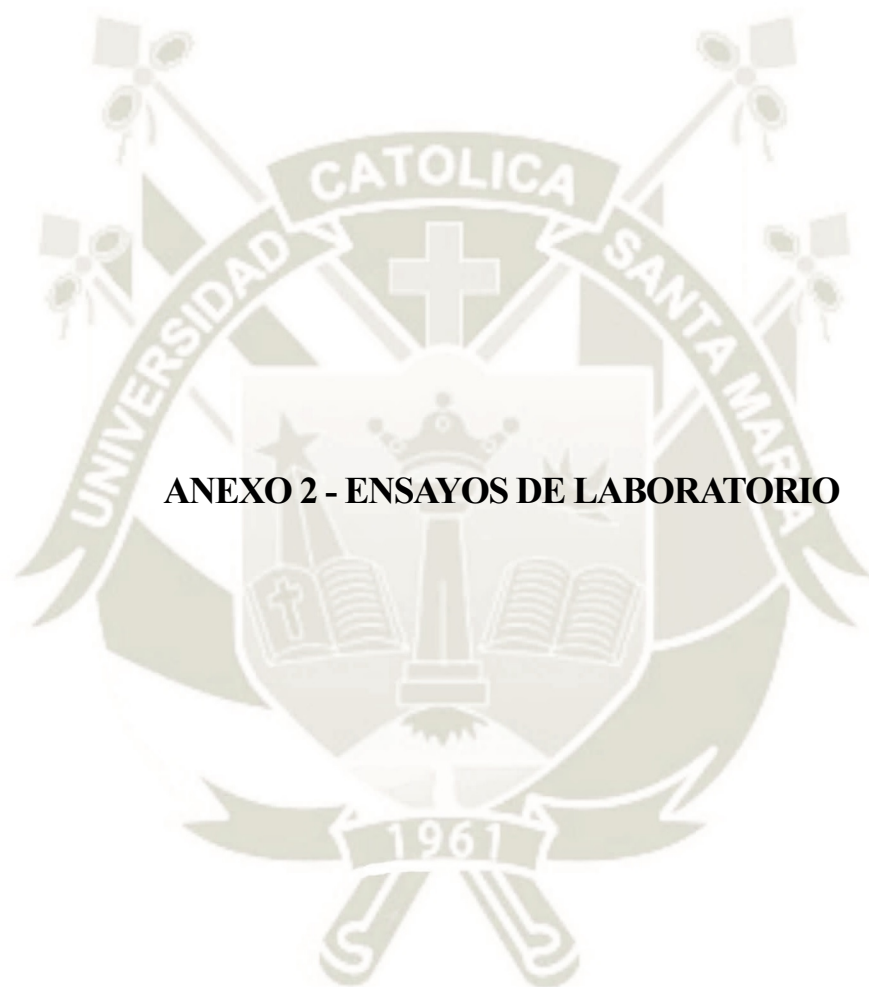
Foto N°11 Equipo de Corte Directo. **Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°12 Equipo para tamizado. **Fuente:** Elaboración Propia



Foto N°13 Análisis granulométrico por tamizado. **Fuente:** Elaboración Propia



ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD NPT 339. 127

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-1 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO** E-2 **fecha:** 3/06/2018

**SOLICITA** **Profundidad de muestra:** 2.60m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nro		1	2	3
Peso suelo humedo + tara	g	144.60	188.10	172.10
Peso suelo seco + tara	g	122.50	159.50	145.50
Peso de la tara	g	27.30	26.90	27.40
Peso del agua	g	22.10	28.60	26.60
peso del suelo seco	g	95.20	132.60	118.10
contenido de humedad ( $\omega$ )	%	23.2%	21.6%	22.5%

**CONTENIDO DE HUMEDAD ( $\omega$ )** 22.4%



ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD NPT 339. 127

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-2 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 3/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.70m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nro		1	2	3
Peso suelo humedo + tara	g	152.10	163.90	152.10
Peso suelo seco + tara	g	129.50	136.50	127.00
Peso de la tara	g	25.60	27.40	28.40
Peso del agua	g	22.60	27.40	25.10
peso del suelo seco	g	103.90	109.10	98.60
contenido de humedad	%	21.8%	25.1%	25.5%

**CONTENIDO DE HUMEDAD** 24.1%



ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD NPT 339. 127

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

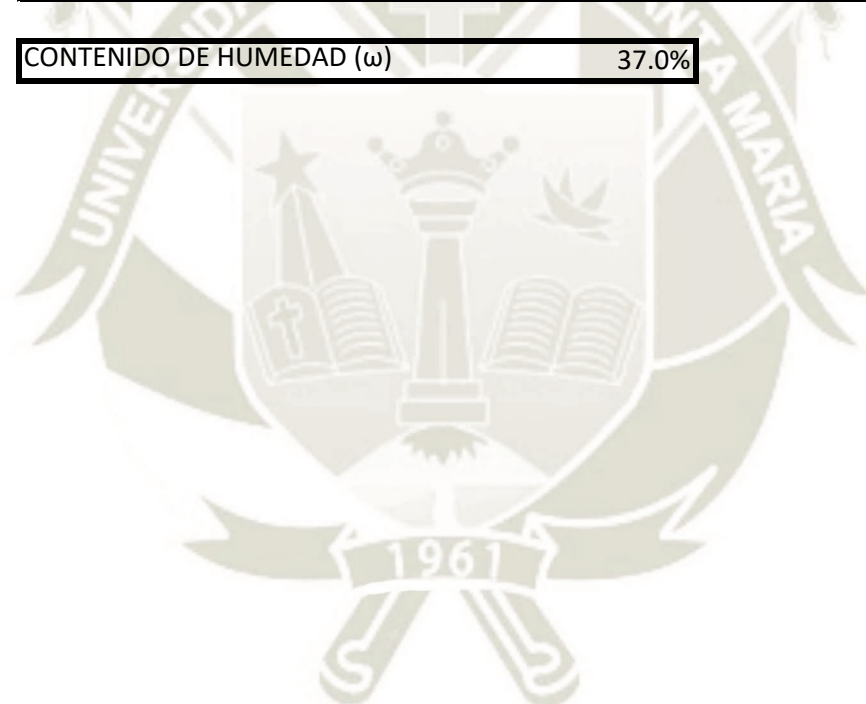
**ESTRATO** E-2 **fecha:** 3/06/2018

**SOLICITA** **Profundidad de muestra:** 2.40m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nro		1	2
Peso suelo humedo + tara	g	63.60	110.50
Peso suelo seco + tara	g	52.47	87.70
Peso de la tara	g	21.70	27.40
Peso del agua	g	11.13	22.80
peso del suelo seco	g	30.77	60.30
contenido de humedad ( $\omega$ )	%	36.2%	37.8%

**CONTENIDO DE HUMEDAD ( $\omega$ )** 37.0%



ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD NPT 339. 127

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO** E-3 **fecha:** 3/06/2018

**SOLICITA** **Profundidad de muestra:** 2.80m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nro		1	2	3
Peso suelo humedo + tara	g	289.00	242.10	271.30
Peso suelo seco + tara	g	239.80	207.60	225.50
Peso de la tara	g	117.80	121.10	117.00
Peso del agua	g	49.20	34.50	45.80
peso del suelo seco	g	122.00	86.50	108.50
contenido de humedad	%	40.3%	39.9%	42.2%

**CONTENIDO DE HUMEDAD** 40.1%



ANÁLISIS GRANULOMETRICO NTP339. 128

**PROYEC** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN  
SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA** C-1

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATIGRAFIA** E-2

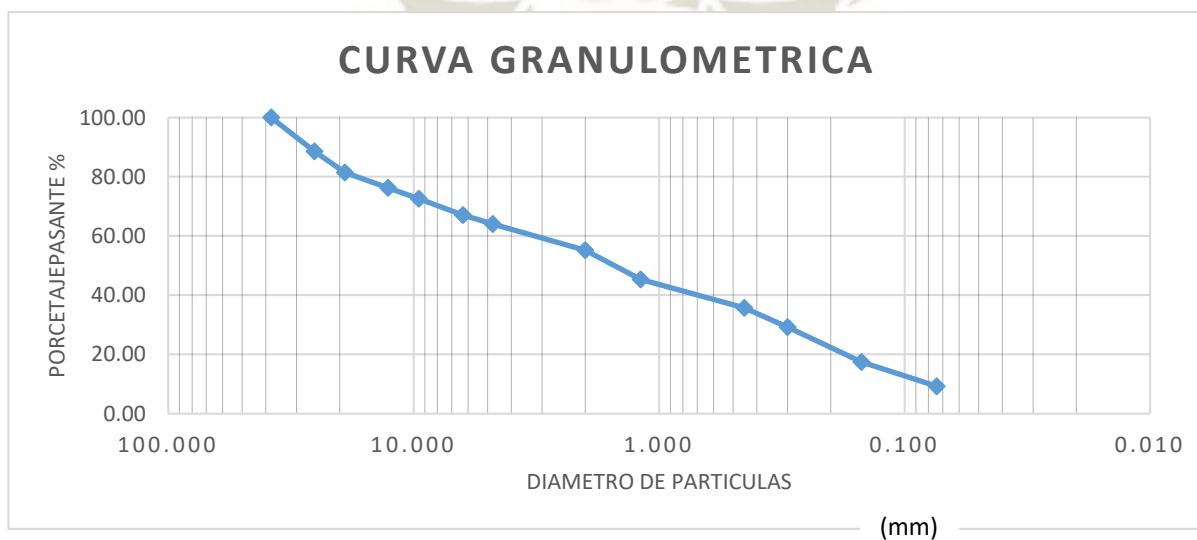
**fecha:** 3/06/2018

**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.60m

MALLA	DIAMETRO (mm)	W RETENIDO (g)	% RETENIDO	% PAS ACUM
1 1/2"	38.100	55	2.54	100.00
1"	25.400	246	11.38	88.62
3/4"	19.100	155.5	7.19	81.43
1/2"	12.700	112.5	5.20	76.23
3/8"	9.520	78	3.61	72.62
1/4"	6.300	119.5	5.53	67.09
4	4.760	65	3.01	64.08
10	2.000	193.5	8.95	55.13
20	1.190	210.5	9.74	45.39
40	0.450	210	9.72	35.67
60	0.300	138.5	6.41	29.26
100	0.150	254.5	11.77	17.49
200	0.074	178	8.24	9.25
FONDO		200	9.25	0.00

FRACCIONES	
GRAVA	32.92%
ARENA	57.83%
FINOS	9.25%
Cu	43.28
Cc	0.36
D10	0.08
D30	0.32
D60	3.50
LIMITES DE CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	22.00
L PLASTICO	20.69
INDICE PLASTICIDAD	1.31
I <sub>pc</sub>	1.46
CLASIFICACIÓN SUCS	
SUCS	SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMETRICO NTP339. 128

**PROYEC** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN  
SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA** C-2

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATIGRAFIA** E-2

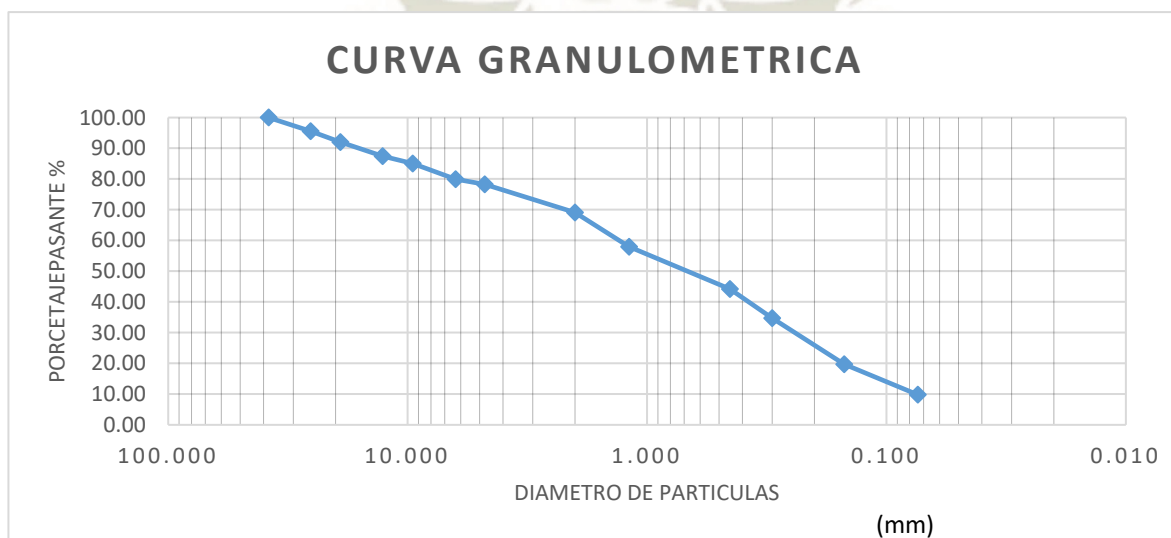
**fecha:** 3/06/2018

**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.70m

MALLA	DIAMETRO (mm)	W RETENIDO (g)	% RETENIDO	% PAS ACUM
1 1/2"	38.100			100.00
1"	25.400	89	4.46	95.54
3/4"	19.100	71	3.56	91.98
1/2"	12.700	90.5	4.54	87.44
3/8"	9.520	47	2.36	85.08
1/4"	6.300	103	5.17	79.91
4	4.760	32	1.60	78.31
10	2.000	184.5	9.25	69.06
20	1.190	221	11.08	57.98
40	0.450	274	13.74	44.24
50	0.300	189	9.48	34.76
100	0.150	300	15.05	19.71
200	0.074	197.5	9.90	9.81
FONDO		195.5	9.80	0.01

FRACCIONES	
GRAVA	20.09%
ARENA	70.11%
FINOS	9.80%
Cu	17.73
Cc	0.63
D10	0.08
D30	0.25
D60	1.34
LIMITES DE CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	31.50
L PLASTICO	23.32
I PLASTICIDAD	8.18
I <sub>pc</sub>	8.40
CLASIFICACIÓN SUCS	
SUCS	SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMETRICO NTP339. 128

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO** E-2

**fecha:** 3/06/2018

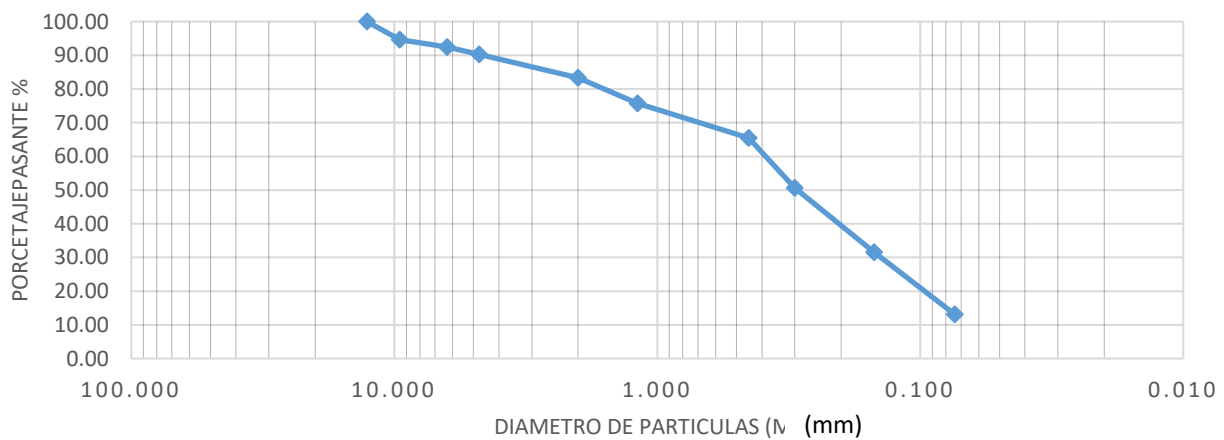
**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.40m

MALLA	DIAMETRO (mm)	W RETENIDO (g)	% RETENIDO	% PAS ACUM
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.100			
1/2"	12.700			100.00
3/8"	9.520	26.7	5.35	94.65
1/4"	6.300	10.9	2.18	92.47
4	4.760	11	2.20	90.27
10	2.000	34.5	6.91	83.36
20	1.190	38	7.61	75.75
40	0.450	51.4	10.29	65.46
60	0.300	74.2	14.86	50.60
100	0.150	95	19.03	31.57
200	0.074	92.1	18.45	13.12
FONDO		65.5	13.12	0.00

FRACCIONES	
GRAVA	7.53%
ARENA	79.35%
FINOS	13.12%
Cu	6.46
Cc	0.85
D10	0.06
D30	0.14
D60	0.39
LIMITES DE CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	32.00
L PLASTICO	29.44
I PLASTICIDAD	2.56
Ipc	8.76
CLASIFICACIÓN SUCS	
SUCS	SM

**CURVA GRANULOMETRICA**



ANÁLISIS GRANULOMETRICO NTP339. 128

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO** E-3

**fecha:** 3/06/2018

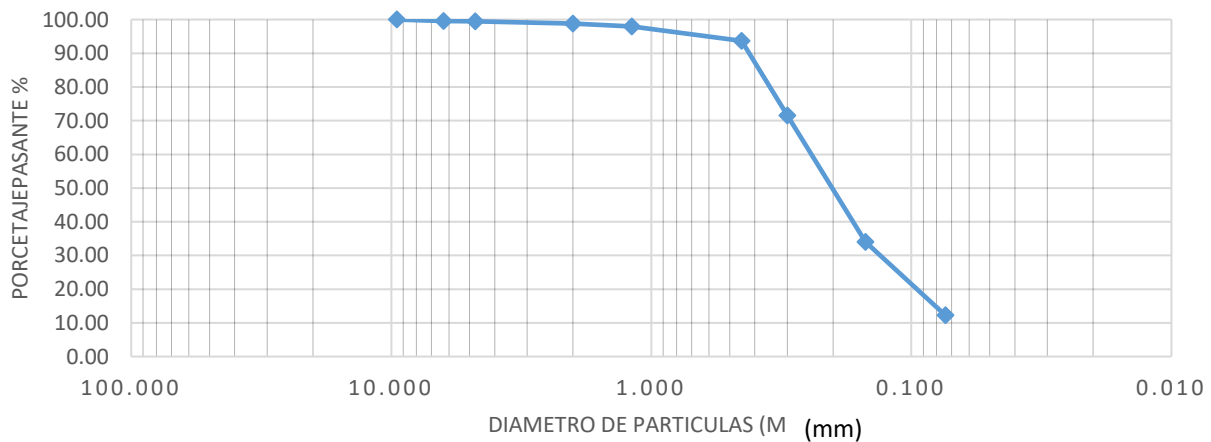
**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.80m

MALLA	DIAMETRO (mm)	W RETENIDO (g)	% RETENIDO	% PAS ACUM
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.100			
1/2"	12.700			
3/8"	9.520			100.00
1/4"	6.300	2	0.40	99.60
4	4.760	0.8	0.16	99.44
10	2.000	3.2	0.64	98.80
20	1.190	4.3	0.86	97.94
40	0.450	21.5	4.31	93.63
50	0.300	110.1	22.07	71.56
100	0.150	187.4	37.56	34.00
200	0.074	108.5	21.75	12.25
FONDO		61.1	12.25	0.00

FRACCIONES	
GRAVA	0.40%
ARENA	87.35%
FINOS	12.25%
Cu	3.84
Cc	1.10
D10	0.07
D30	0.14
D60	0.25
LIMITES DE CONSISTENCIA	
L LIQUIDO	34
L PLASTICO	29.55
I PLASTICIDAD	4.45
Ipc	10.22
CLASIFICACIÓN SUCS	
SUCS	SM

**CURVA GRANULOMETRICA**



LIMITES DE ATTERBERG NTP 339.129 (ASTM D4318)

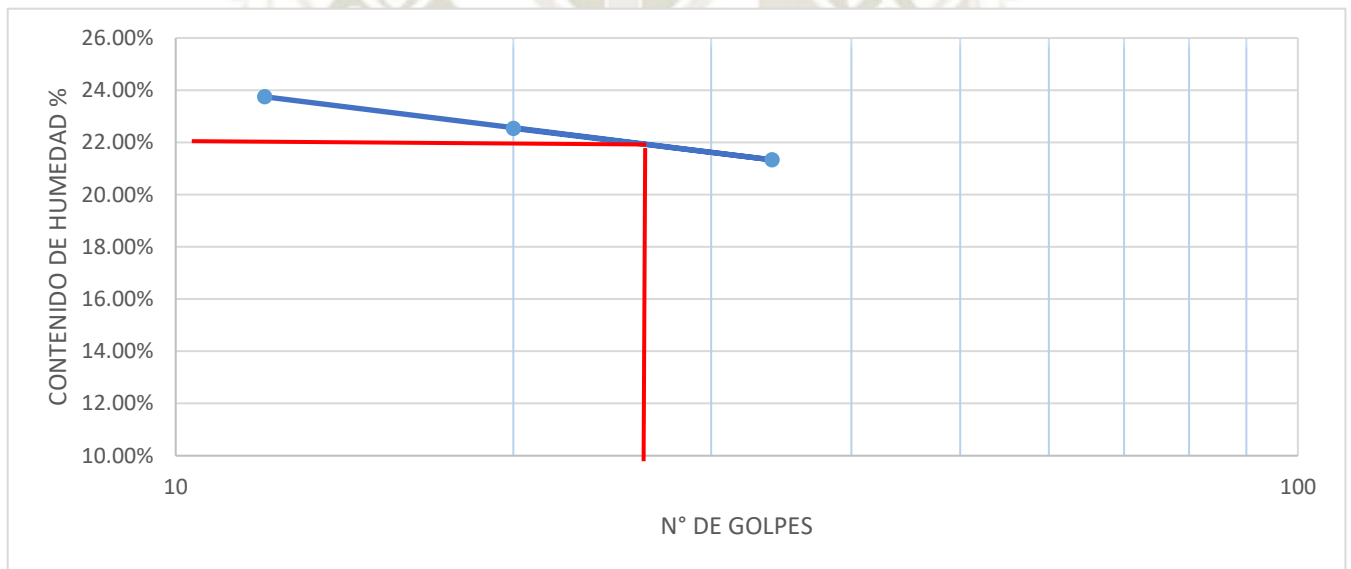
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-1 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 10/06/2018

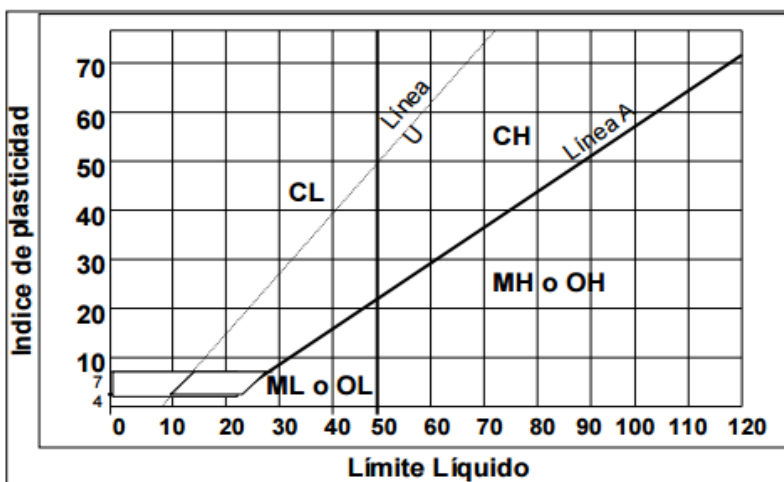
**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.60m

Capsula		Limite Liquido			Limite Plastico	
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Peso suelo humedo + capsula	g	77	73	70.5	16.2	16.4
Peso suelo seco + capsula	g	67.5	65.00	62.50	15.3	15.5
Peso de la capsula	g	27.5	27.5	27	11	11.1
Peso suelo seco	g	40	37.5	35.5	4.3	4.4
Peso del agua	g	9.5	8	8	0.9	0.9
Contenido de humedad	%	23.75%	21.33%	22.54%	20.93%	20.45%
Numero de golpes, N		12	34	20		



CARTA DE CASA GRANDE

RESUMEN



LL (%)	22.00%
Lp (%)	20.69%
IP	1.31%

LIMITES DE ATTERBERG NTP 339.129 (ASTM D4318)

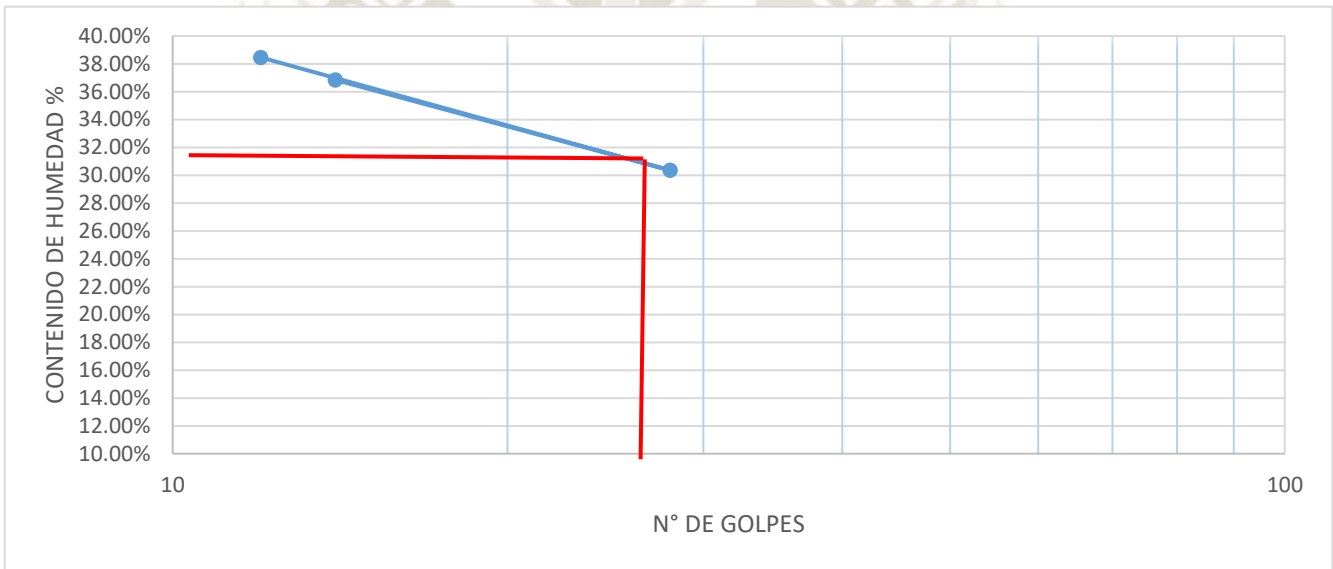
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-2 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

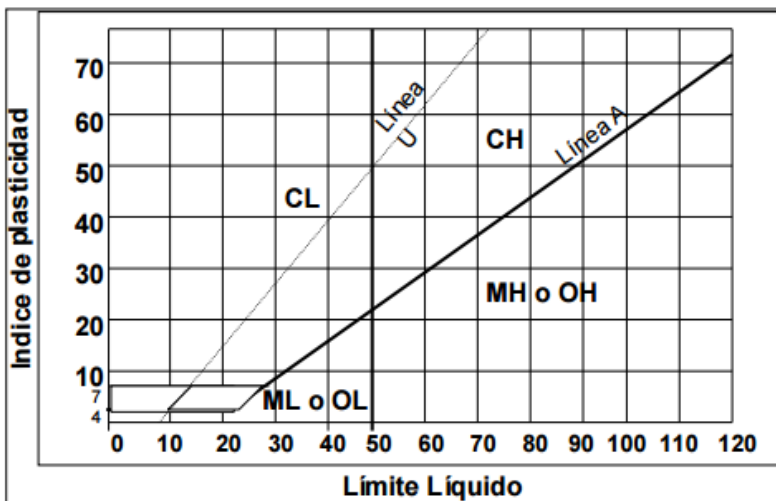
**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 10/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.70m

Capsula		Limite Liquido			Limite Plastico	
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Peso suelo humedo + capsula	g	63	63.5	54	16.7	16.4
Peso suelo seco + capsula	g	53	55.00	47.00	15.6	15.4
Peso de la capsula	g	27	27	28	11	11
Peso suelo seco	g	26	28	19	4.6	4.4
Peso del agua	g	10	8.5	7	1.1	1
Contenido de humedad	%	38.46%	30.36%	36.84%	23.91%	22.73%
Numero de golpes, N		12	28	14		



CARTA DE CASA GRANDE RESUMEN



LL (%)	31.50%
Lp (%)	23.32%
IP	8.18%

LIMITES DE ATTERBERG NTP 339.129 (ASTM D4318)

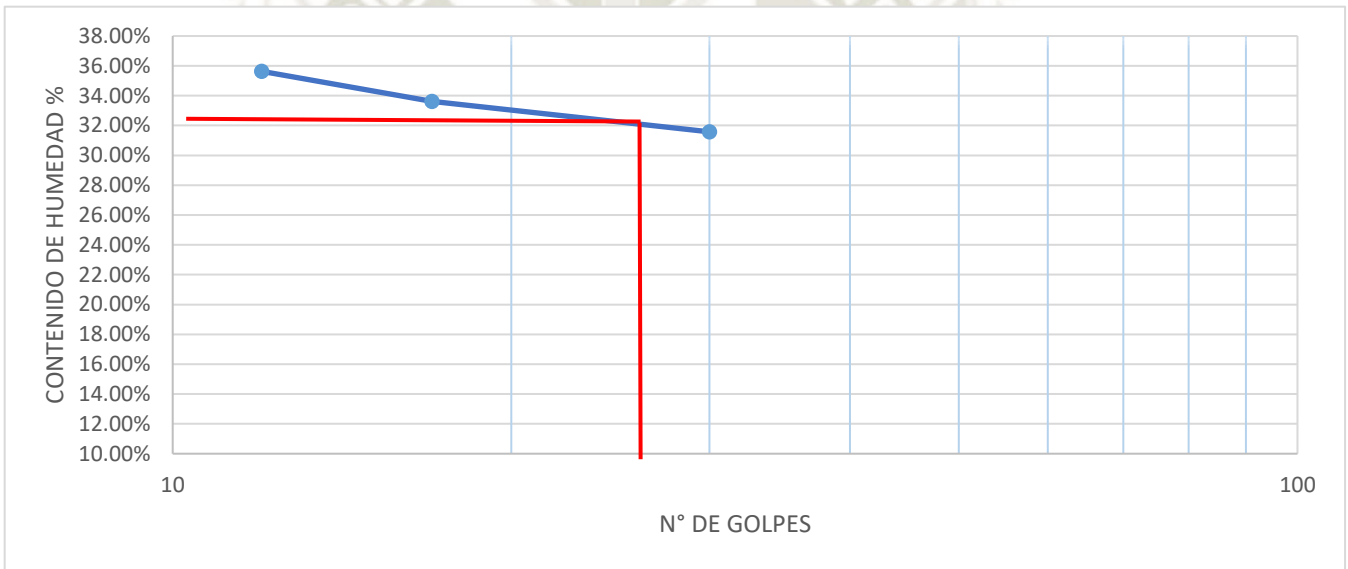
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

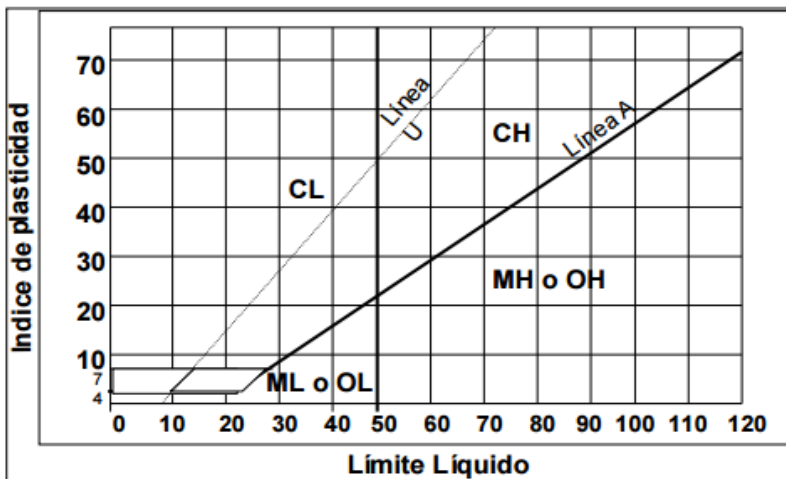
**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 10/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.40m

Capsula		Limite Liquido			Limite Plastico	
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Peso suelo humedo + capsula	g	34.7	26.6	28.7	15.3	16.5
Peso suelo seco + capsula	g	28.5	22.70	24.50	14.3	15.3
Peso de la capsula	g	11.1	11.1	11.2	11	11.1
Peso suelo seco	g	17.4	11.6	13.3	3.3	4.2
Peso del agua	g	6.2	3.9	4.2	1	1.2
Contenido de humedad	%	35.63%	33.62%	31.58%	30.30%	28.57%
Numero de golpes, N		12	17	30		



CARTA DE CASA GRANDE RESUMEN



LL (%)	32.00%
Lp (%)	29.44%
IP	2.56%

LIMITES DE ATTERBERG NTP 339.129 (ASTM D4318)

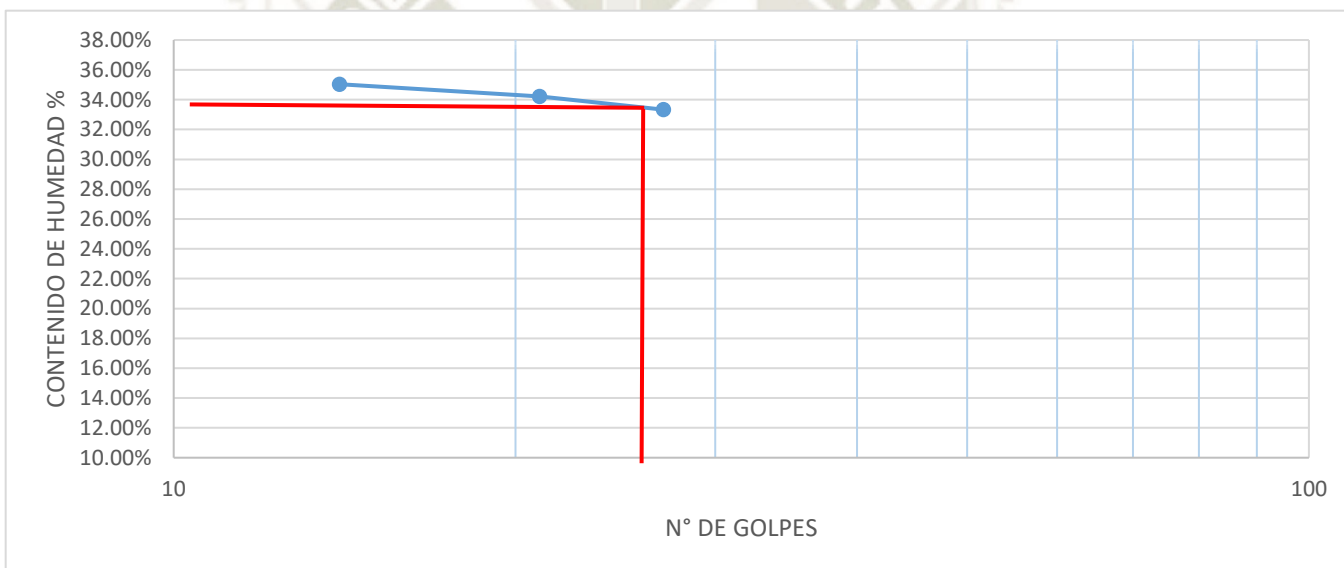
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

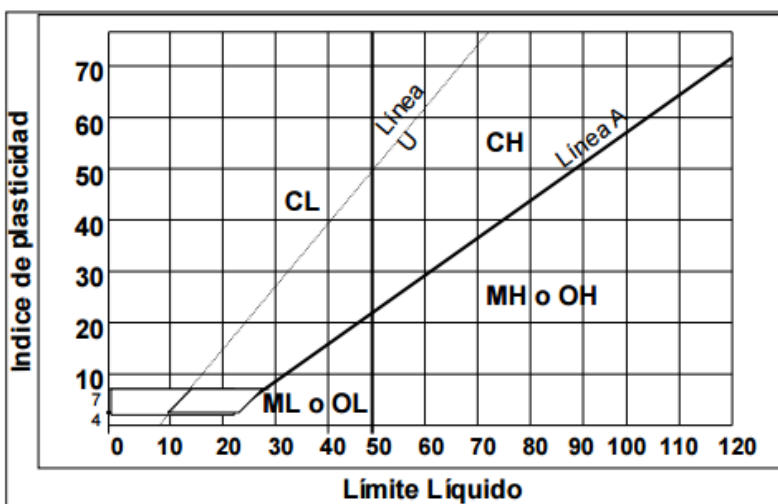
**ESTRATO:** E-3 **fecha:** 10/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.80m

Capsula		Limite Liquido			Limite Plastico	
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Peso suelo humedo + capsula	g	29.7	31.5	32.3	16.7	16.6
Peso suelo seco + capsula	g	24.9	26.30	27.00	15.4	15.3
Peso de la capsula	g	11.2	11.1	11.1	11	11
Peso suelo seco	g	13.7	15.2	15.9	4.4	4.3
Peso del agua	g	4.8	5.2	5.3	1.3	1.3
Contenido de humedad	%	35.04%	34.21%	33.33%	29.55%	30.23%
Numero de golpes, N		14	21	27		



CARTA DE CASA GRANDE RESUMEN



LL (%)	34.00%
Lp (%)	29.55%
IP	4.45%

DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA NTP 339.137 (ASTM D4253)  
NTP 339.138 (ASTM D4254)

**PROYECTO:**

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN  
SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:**

C-1

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO**

E-2

**fecha:** 11/06/2018

**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.60m

DENSIDAD MAXIMA		
DESCRIPCION	1	2
Peso de molde mas muestra (g)	6953.00	7020
Peso del molde (g)	3560.50	3560.50
peso de la muestra (g)	3392.50	3459.50
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1905.31	1967.01
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.781	1.759
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.781	

DENSIDAD MINIMA		
DESCRIPCION	1	2
Peso de molde mas muestra (g)	6953.00	7020
Peso del molde (g)	3560.50	3560.50
peso de la muestra (g)	3392.50	3459.50
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2812.61	2812.61
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	1.206	1.230
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	1.206	

$$DR = \frac{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d}}{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d \max}} * 100$$

RESUMEN		
DENSIDAD MAXIMA	g/cm <sup>3</sup>	1.78
DENSIDAD MINIMA	g/cm <sup>3</sup>	1.21
DENSIDAD NATURAL	g/cm <sup>3</sup>	1.56
DENSIDAD RELATIVA	%	70%
ESTADO DEL SUELO		Medio Denso

DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA NTP 339.137 (ASTM D4253)  
NTP 339.138 (ASTM D4254)

**PROYECTO:**

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN  
SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:**

C-2

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO**

E-2

**fecha:** 11/06/2018

**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.70m

DENSIDAD MAXIMA			
DESCRIPCION	1	2	
Peso de molde mas muestra (g)	6722.00	6830	
Peso del molde (g)	3560.50	3560.50	
peso de la muestra (g)	3161.50	3269.50	
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1923.46	1923.46	
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.644	1.700	
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.773		

DENSIDAD MINIMA			
DESCRIPCION	1	2	
Peso de molde mas muestra (g)	6722.00	6830	
Peso del molde (g)	3560.50	3560.50	
peso de la muestra (g)	3161.50	3269.50	
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2812.61	2812.61	
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	1.124	1.162	
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	1.124		

$$DR = \frac{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d}}{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d \max}} * 100$$

RESUMEN		
DENSIDAD MAXIMA	g/cm <sup>3</sup>	1.77
DENSIDAD MINIMA	g/cm <sup>3</sup>	1.12
DENSIDAD NATURAL	g/cm <sup>3</sup>	1.39
DENSIDAD RELATIVA	%	53%
ESTADO DEL SUELO		Medio Denso

DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA NTP 339.137 (ASTM D4253)  
NTP 339.138 (ASTM D4254)

**PROYECTO:**

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN  
SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:**

C-3

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO**

E-2

**fecha:** 11/06/2018

**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.40m

DENSIDAD MAXIMA			
DESCRIPCION	1	2	
Peso de molde mas muestra (g)	6191.50	6418.5	
Peso del molde (g)	3563.00	3563.00	
peso de la muestra (g)	2628.50	2855.50	
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1996.04	2104.92	
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.317	1.357	
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.357		

DENSIDAD MINIMA			
DESCRIPCION	1	2	
Peso de molde mas muestra (g)	6191.50	6418.5	
Peso del molde (g)	3563.00	3563.00	
peso de la muestra (g)	2628.50	2855.50	
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2812.61	2812.61	
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	0.935	1.015	
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	0.935		

$$DR = \frac{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d}}{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d \max}} * 100$$

RESUMEN		
DENSIDAD MAXIMA	g/cm <sup>3</sup>	1.36
DENSIDAD MINIMA	g/cm <sup>3</sup>	0.94
DENSIDAD NATURAL	g/cm <sup>3</sup>	1.12
DENSIDAD RELATIVA	%	54%
ESTADO DEL SUELO		Medio Denso

DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA NTP 339.137 (ASTM D4253)  
NTP 339.138 (ASTM D4254)

**PROYECTO:**

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN  
SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:**

C-3

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO**

E-3

**fecha:** 11/06/2018

**SOLICITA**

**Profundidad de muestra:** 2.80m

DENSIDAD MAXIMA			
DESCRIPCION	1	2	
Peso de molde mas muestra (g)	6597.50	6629	
Peso del molde (g)	3563.00	3563.00	
peso de la muestra (g)	3034.50	3066.00	
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1923.46	1923.46	
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.578	1.594	
Densidad maxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.594		

DENSIDAD MINIMA			
DESCRIPCION	1	2	
Peso de molde mas muestra (g)	6597.50	6629	
Peso del molde (g)	3560.50	3560.50	
peso de la muestra (g)	3037.00	3068.50	
volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2812.61	2812.61	
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	1.080	1.091	
Densidad minima (g/cm <sup>3</sup> )	1.080		

$$DR = \frac{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d}}{\frac{1}{\gamma d \min} - \frac{1}{\gamma d \max}} * 100$$

RESUMEN		
DENSIDAD MAXIMA	g/cm <sup>3</sup>	1.59
DENSIDAD MINIMA	g/cm <sup>3</sup>	1.08
DENSIDAD NATURAL	g/cm <sup>3</sup>	1.14
DENSIDAD RELATIVA	%	17%
ESTADO DEL SUELO		Suelto

PESO ESPECIFICO

NTP 339. 139

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-1 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 5/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.60m

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso de suelo	g	189.6
2	Peso suelo + parafina	g	207.70
3	Volumen probeta inicia	cm <sup>3</sup>	500
4	Volumen probeta final	cm <sup>3</sup>	620.00
5	Volumen desplazado	cm <sup>3</sup>	120.00
6	Peso especifico parafia	g/cm <sup>3</sup>	0.87
7	Peso de la parafina	g	18.10
8	Volumen de parafina	cm <sup>3</sup>	20.80
9	Contenido de humedad ( $\omega$ )	%	22.4%
10	Peso especifico	g/cm <sup>3</sup>	1.91
11	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.56

PESO ESPECIFICO

NTP 339. 139

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-2 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 5/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.70m

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso de suelo	g	109.6
2	Peso suelo + parafina	g	128.40
3	Volumen probeta inicia	cm <sup>3</sup>	500
4	Volumen probeta final	cm <sup>3</sup>	585.00
5	Volumen desplazado	cm <sup>3</sup>	85.00
6	Peso especifico parafina	g/cm <sup>3</sup>	0.87
7	Peso de la parafina	g	18.80
8	Volumen de parafina	cm <sup>3</sup>	21.61
9	Contenido de humedad (w)	%	24.1%
10	Peso especifico	g/cm <sup>3</sup>	1.73
11	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.39

PESO ESPECIFICO

NTP 339. 139

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 5/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.40m

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso de suelo	g	77.3
2	Peso suelo + parafina	g	90.10
3	Volumen probeta inicia	cm <sup>3</sup>	500
4	Volumen probeta final	cm <sup>3</sup>	565.00
5	Volumen desplazado	cm <sup>3</sup>	65.00
6	Peso especifico parafia	g/cm <sup>3</sup>	0.87
7	Peso de la parafina	g	12.80
8	Volumen de parafina	cm <sup>3</sup>	14.71
9	Contenido de humedad ( $\omega$ )	%	37.0%
10	Peso especifico	g/cm <sup>3</sup>	1.54
11	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.12

PESO ESPECIFICO

NTP 339. 139

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-3 **fecha:** 5/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.80m

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso de suelo	g	56.1
2	Peso suelo + parafina	g	71.10
3	Volumen probeta inicia	cm <sup>3</sup>	500
4	Volumen probeta final	cm <sup>3</sup>	555.00
5	Volumen desplazado	cm <sup>3</sup>	55.00
6	Peso especifico parafia	g/cm <sup>3</sup>	0.87
7	Peso de la parafina	g	15.00
8	Volumen de parafina	cm <sup>3</sup>	17.24
9	Contenido de humedad (w)	%	40.1%
10	Peso especifico	g/cm <sup>3</sup>	1.49
11	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.14

ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS NTP 339.131

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-1 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 6/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.60m

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS (Gs)**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso muestra seca	g	118
2	Peso picnometro	g	171.70
3	Peso picnometro + agua + muestra	g	738.6
4	Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	669.10
5	Peso unitario del agua	g/cm <sup>3</sup>	1.00
6	Gravedad especifica de solidos		2.43

**PROPIEDADES VOLUMETRICAS**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Gravedad Especifica de solidos		2.43
2	Peso especifico natural	g/cm <sup>3</sup>	1.91
3	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.56
4	Peso Especifico saturado	g/cm <sup>3</sup>	1.92
5	Relacion de vacios (e )		0.56
6	Grado de saturacion (S)	%	97.7%
7	Porosidad natural (n)	%	35.83%

ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS NTP 339.131

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-2 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 6/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.70m

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS (Gs)**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso muestra seca	g	126.7
2	Peso picnometro	g	172.30
3	Peso picnometro + agua + muestra	g	744.1
4	Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	669.10
5	Peso unitario del agua	g/cm <sup>3</sup>	1.00
6	Gravedad especifica de solidos		2.45

**PROPIEDADES VOLUMETRICAS**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Gravedad Especifica de solidos		2.45
2	Peso especifico natural	g/cm <sup>3</sup>	1.73
3	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.39
4	Peso Especifico saturado	g/cm <sup>3</sup>	1.82
5	Relacion de vacios (e )		0.76
6	Grado de saturacion (S)	%	77.8%
7	Porosidad natural (n)	%	43.2%

ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS NTP 339.131

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 6/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.40m

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS (Gs)**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso muestra seca	g	75
2	Peso picnometro	g	154.20
3	Peso picnometro + agua + muestra	g	697.6
4	Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	653.00
5	Peso unitario del agua	g/cm <sup>3</sup>	1.00
6	Gravedad especifica de solidos		2.47

**PROPIEDADES VOLUMETRICAS**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Gravedad Especifica de solidos		2.47
2	Peso especifico natural	g/cm <sup>3</sup>	1.54
3	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.12
4	Peso Especifico saturado	g/cm <sup>3</sup>	1.67
5	Relacion de vacios (e )		1.20
6	Grado de saturacion (S)	%	76.1%
7	Porosidad natural (n)	%	54.52%

ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS NTP 339.131

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-3 **fecha:** 6/06/2018

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.80m

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS (Gs)**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Peso muestra seca	g	75
2	Peso picnometro	g	155.00
3	Peso picnometro + agua + muestra	g	696.9
4	Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	654.00
5	Peso unitario del agua	g/cm <sup>3</sup>	1.00
6	Gravedad especifica de solidos		2.34

**PROPIEDADES VOLUMETRICAS**

ITEM	DESCRIPCION	Unid	
1	Gravedad Especifica de solidos		2.34
2	Peso especifico natural	g/cm <sup>3</sup>	1.49
3	Peso especifico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.14
4	Peso Especifico saturado	g/cm <sup>3</sup>	1.65
5	Relacion de vacios (e )		1.04
6	Grado de saturacion (S)	%	89.5%
7	Porosidad natural (n)	%	51.1%

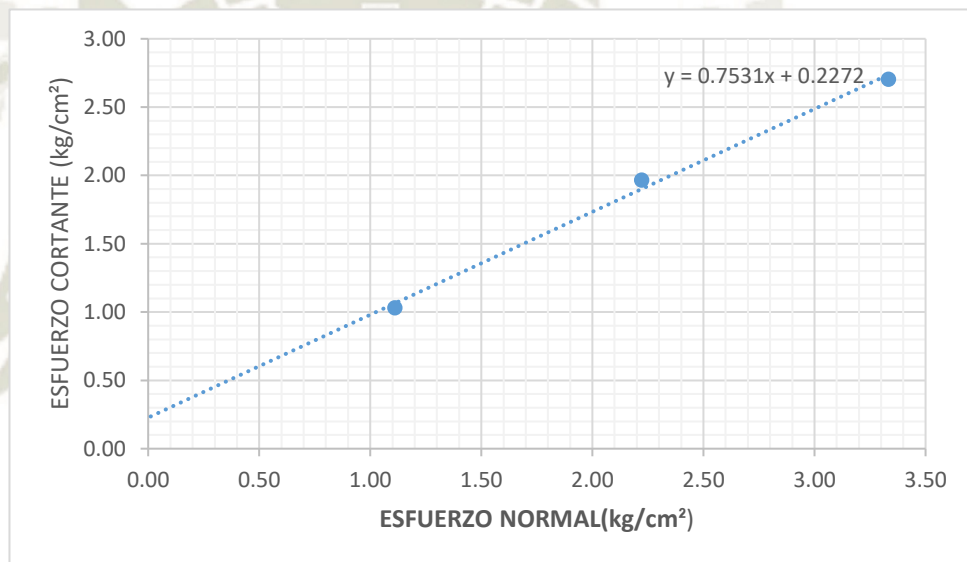
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-1 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 20/12/2017

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.60m

ESFUERZO NORMAL		ESFUERZO CORTANTE	
CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
40.00	1.11	37.11	1.03
80.00	2.22	70.81	1.97
120.00	3.33	97.36	2.70



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Cohesion	0.22 kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de friccion	35.0°

CORTE DIRECTO NTP 339.171 (ASTM D3080)

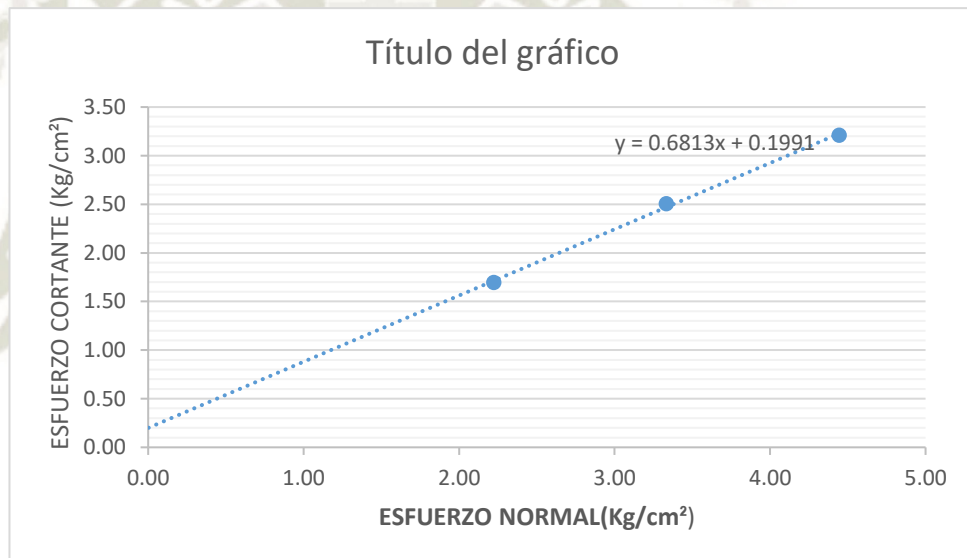
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-2 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 20/12/2017

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.70m

ESFUERZO NORMAL		ESFUERZO CORTANTE	
CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
80.00	2.22	61.02	1.70
120.00	3.33	90.22	2.51
160.00	4.44	115.53	3.21



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Cohesion	0.2 kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de friccion	31.0 °

CORTE DIRECTO NTP 339.171 (ASTM D3080)

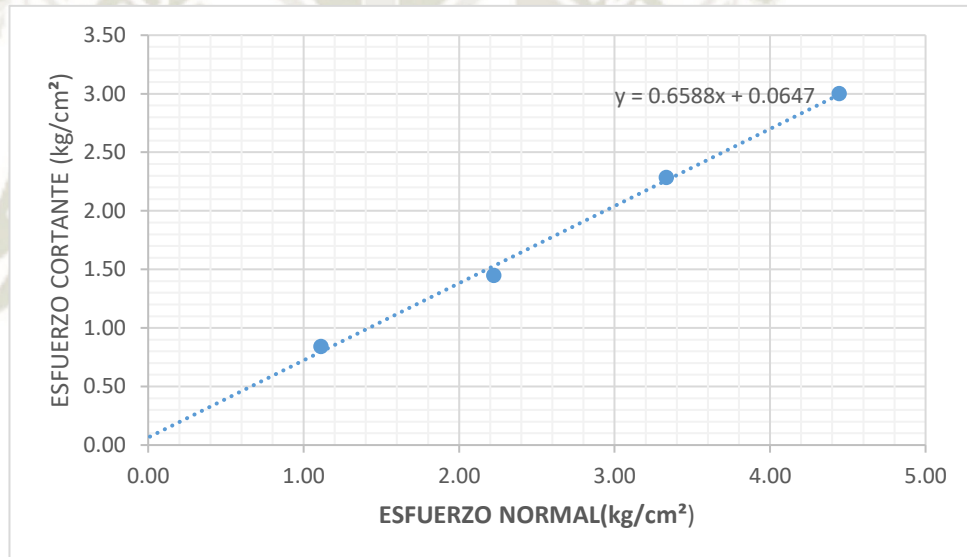
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-2 **fecha:** 20/12/2017

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.40m

ESFUERZO NORMAL		ESFUERZO CORTANTE	
CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
40.00	1.11	30.28	0.84
80.00	2.22	52.17	1.45
120.00	3.33	82.30	2.29
160.00	4.44	108.07	3.00



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Cohesion	0.10 kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de friccion	31.0°

CORTE DIRECTO NTP 339.171 (ASTM D3080)

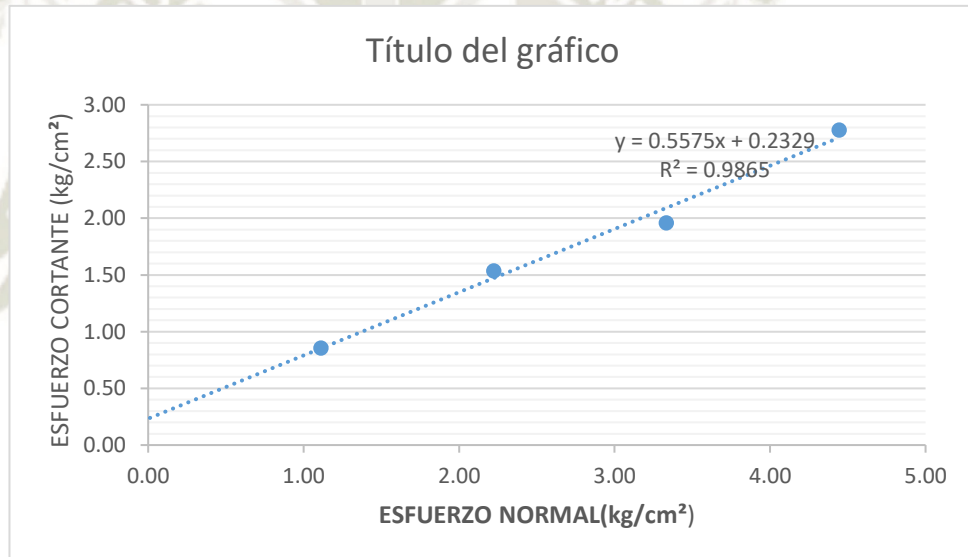
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** C-3 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO:** E-3 **fecha:** 20/12/2017

**SOLICITA:** **Profundidad de muestra:** 2.80m

ESFUERZO NORMAL		ESFUERZO CORTANTE	
CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
40.00	1.11	30.75	0.85
80.00	2.22	55.28	1.54
120.00	3.33	70.50	1.96
160.00	4.44	100.00	2.78



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Cohesion	0.23 kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de friccion	28.8°

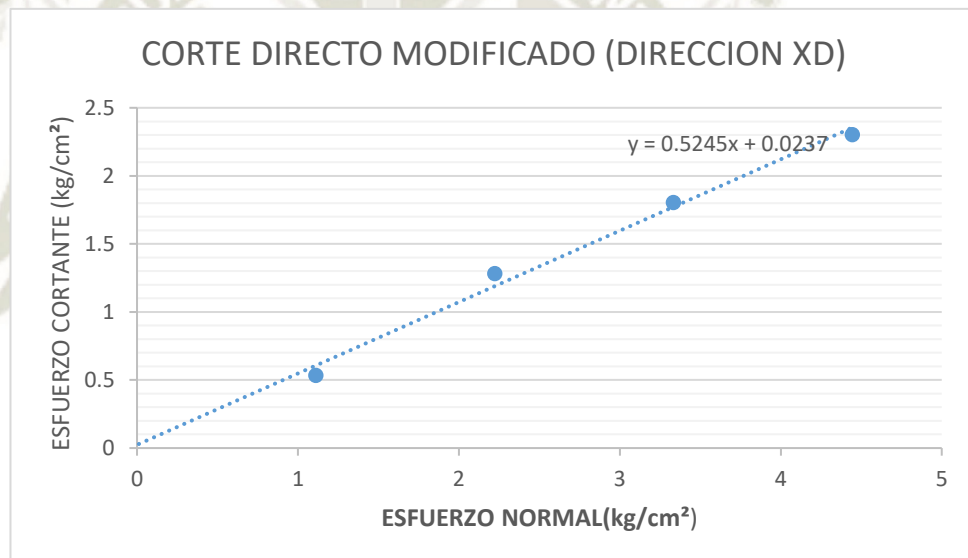
CORTE DIRECTO MODIFICADO (DIRECCION XD) ASTM D 5321 – 02

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** M-1 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO SOLICITA** **fecha:** 20/12/2017

ESFUERZO NORMAL		ESFUERZO CORTANTE	
CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
40.00	1.11	19.25	0.53
80.00	2.22	46.12	1.28
120.00	3.33	64.91	1.80
160.00	4.44	82.92	2.30



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Adhesion	0.024 kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de friccion	27.5°

CORTE DIRECTO MODIFICADO (DIRECCION MD) ASTM D 5321 – 02

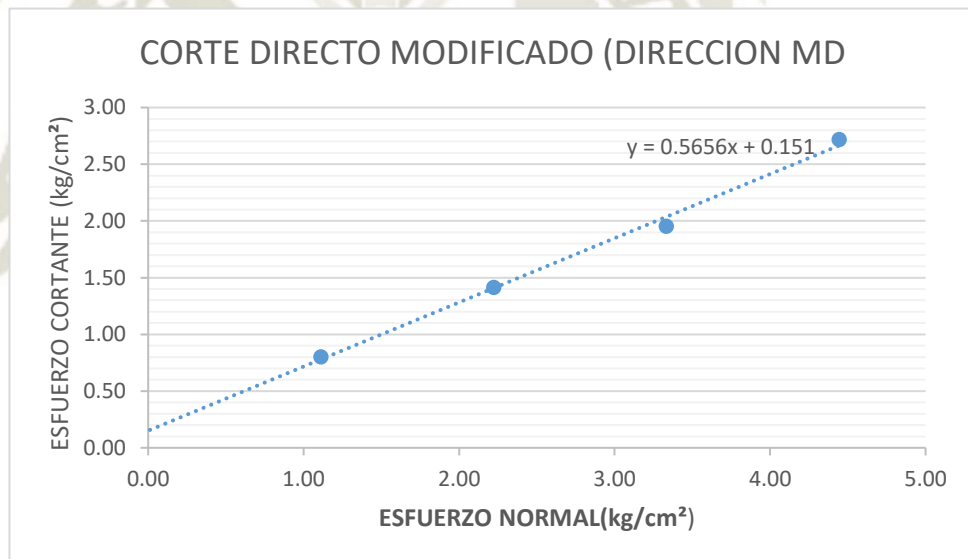
**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**MUESTRA:** M-1 **UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bella pampa- Socabaya

**ESTRATO** **fecha:** 20/12/2017

**SOLICITA** **Observaciones:**

ESFUERZO NORMAL		ESFUERZO CORTANTE	
CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
40.00	1.11	28.88	0.80
80.00	2.22	50.93	1.41
120.00	3.33	70.34	1.95
160.00	4.44	97.83	2.72



RESULTADOS DEL ENSAYO	
Adhesion	0.15 kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de friccion	29.7 °

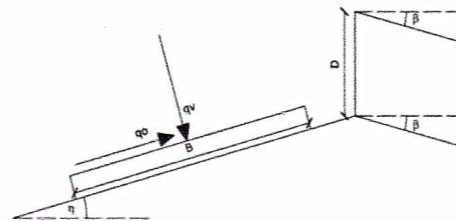
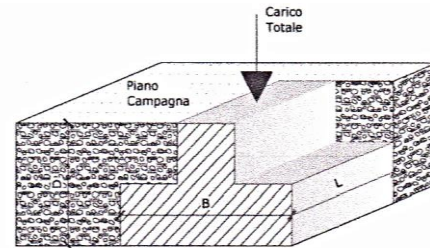
CAPACIDAD PORTANTE ZAPATAS

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bellapampa- Socabaya

**fecha:** 20/12/2017

- B= Ancho de la cimentacion
- L= longitud de la cimentacion
- D= Profundidad de la Cimentacion
- ecc. B = Exentricidad en B
- ecc. L = Exentricidad en L
- ∅ = angulo de friccion
- d = Angulo inclinacion del terreno de fundacion
- b = Angulo de inclinacion de la Carga
- h = inclinacion de la Cimentacion
- c = Cohesion
- ca = Adecion de la base de la cimentacion
- γ = peso especifico del suelo
- qv = Componente vertical de la carga
- qh = Componente Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Area efectiva de Cimentacion
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante



B =	1.20	[m]
L =	1.20	[m]
D =	1.00	[m]
ecc. B	0.00	[m]
ecc. L	0.00	[m]

∅ =	28.80	[°]
d =	0.00	[°]
b =	0.00	[°]
h =	0.00	[°]
c =	0.20	kN/m <sup>2</sup>

ca =	0.00	
γ =	11.53	[kN/m <sup>3</sup> ]
qv =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
qh =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
FS =	3.00	

Vesic

N'q =	16.44
N'c =	27.86
N'γ =	19.34

Factores de Forma

Fcs =	1.59009
Fqs =	1.54975
Fγs =	0.60000
Df/B	0.83333

Factores de Profundidad

Fcd =	1.26216
Fqd =	1.24609
Fγd =	1.00000
K =	0.02472

$$q_{ult} = C * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

qu=	457.318	kN/m <sup>2</sup>	qadm=	152.439	kN/m <sup>2</sup>	Q=	219.512	kN
-----	---------	-------------------	-------	---------	-------------------	----	---------	----

por lo tanto la capacidad portante admisible es **15.2 Ton/m<sup>2</sup>**

CAPACIDAD PORTANTE LOSA DE CIMENTACION

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bellapampa- Socabaya

- B= Ancho de la cimentacion  
 L= longitud de la cimentacion  
 D= Profundidad de la Cimentacion  
 ecc. B = Exentricidad en B  
 ecc. L = Exentricidad en L  
 $\phi$  = angulo de friccion  
 d = Angulo inclinacion del terreno de fundacion  
 b = Angulo de inclinacion de la Carga  
 h = inclinacion de la Cimentacion  
 c = Cohesion  
 ca = Adecion de la base de la cimentacion  
 $\gamma$  = peso especifico del suelo  
 qv = Componente vertical de la carga  
 qh = Componente Horizontal de la carga  
 Kp = Coeficiente de empuje pasivo  
 Af = Area efectiva de Cimentacion  
 FS = Factor de seguridad  
 q = Capacidad portante

B =	8.76	[m]
L =	11.80	[m]
D =	0.95	[m]
ecc. B	0.00	[m]
ecc. L	0.00	[m]

$\phi$ =	30.40	[°]
d =	0.00	[°]
b =	0.00	[°]
h =	0.00	[°]
c =	0.00	kN/m <sup>2</sup>

ca =	0.00	
$\gamma$ =	5.73	[kN/m <sup>3</sup> ]
qv =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
qh =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
FS =	3.00	

Vesic

N'q =	18.40
N'c =	30.14
N'Y =	22.40

Factores de Forma

Fcs =	1.453207068
Fqs =	1.435547583
FYs =	0.703050847
Df/B	0.108447489

Factores de Profundidad

Fcd =	1.03280561
Fqd =	1.03104971
FYd =	1
K =	0.02472

$$q_{ult} = C * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

qu=	543.4918659	kN/m <sup>2</sup>	qadm=	181.1639553	kN/m <sup>2</sup>	Q=	18726.5557	kN
-----	-------------	-------------------	-------	-------------	-------------------	----	------------	----

por lo tanto la capacidad portante admisible es **180 kN/m<sup>2</sup>**

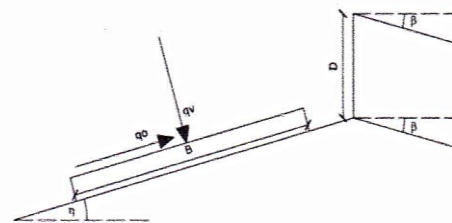
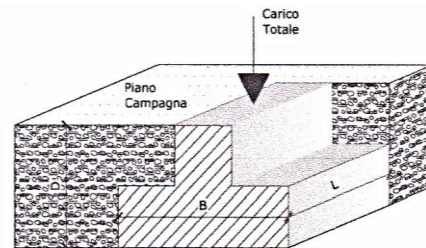
CAPACIDAD PORTANTE SUELO REFORZADO

**PROYECTO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE

**UBICACIÓN:** Calle Alfonso Ugarte D-14 Bellapampa- Socabaya

**fecha:** 20/12/2017

- B= Ancho de la cimentacion
- L= longitud de la cimentacion
- D= Profundidad de la Cimentacion
- ecc. B = Exentricidad en B
- ecc. L = Exentricidad en L
- ∅ = angulo de friccion
- d = Angulo inclinacion del terreno de fundacion
- b = Angulo de inclinacion de la Carga
- h = inclinacion de la Cimentacion
- c = Cohesion
- ca = Adecion de la base de la cimentacion
- γ = peso especifico del suelo
- qv = Componente vertical de la carga
- qh = Componente Horizontal de la carga
- Kp = Coeficiente de empuje pasivo
- Af = Area efectiva de Cimentacion
- FS = Factor de seguridad
- q = Capacidad portante



B =	1.20	[m]
L =	1.20	[m]
D =	1.00	[m]
ecc. B	0.00	[m]
ecc. L	0.00	[m]

∅ =	34.00	[°]
d =	0.00	[°]
b =	0.00	[°]
h =	0.00	[°]
c =	0.00	kN/m <sup>2</sup>

ca =	0.00	
γ =	20.50	[kN/m <sup>3</sup> ]
qv =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
qh =	0.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
FS =	3.00	

Vesic	
N'q =	29.44
N'c =	42.16
N'γ =	41.06

Factores de Forma	
Fcs =	1.69829222
Fqs =	1.674508517
Fγs =	0.6
Df/B	0.833333333

Factores de Profundidad	
Fcd =	1.22612208
Fqd =	1.21844059
Fγd =	1
K =	0.02472

$$q_{ult} = C * N_C * F_{CS} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

qu=	1534.378106	kN/m <sup>2</sup>	qadm=	511.4593686	kN/m <sup>2</sup>	Q=	736.501491	kN
-----	-------------	-------------------	-------	-------------	-------------------	----	------------	----

por lo tanto la capacidad portante admisible es **511.5 kN/m<sup>2</sup>**



**ANEXO 3 - ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO**

**Presupuesto**

Presupuesto **0102005 CIMENTACION REFORZADA CON GEOSINTETICOS**

Subpresupuesto **001 ESTRUCTURAS**

Cliente **Universidad Catolica de Santa Maria**

Costo al **09/10/2018**

Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - SOCABAYA**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>ESTRUCTURAS</b>				<b>66,058.07</b>
01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICAL	m <sup>2</sup>	192.00	3.07	589.44
01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>38,171.52</b>
01.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMENTOS	m <sup>3</sup>	384.00	44.74	17,180.16
01.02.02	RELLENO DE AFIRMADO EN CAPAS DE 0.20 m	m <sup>3</sup>	192.00	13.57	2,605.44
01.02.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m <sup>2</sup>	768.00	4.05	3,110.40
01.02.04	INSTALACION GEOTEXTIL	m <sup>2</sup>	768.00	3.93	3,018.24
01.02.05	ACARREO DE MATERIAL EXEDENTE HASTA D = 30 m	m <sup>3</sup>	384.00	7.31	2,807.04
01.02.06	ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO	m <sup>3</sup>	384.00	24.61	9,450.24
01.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>2,917.77</b>
01.03.01	<b>CIMENTOS</b>				<b>2,917.77</b>
01.03.01.01	CONCRETO CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	m <sup>3</sup>	13.44	147.97	1,988.72
01.03.01.02	CONCRETO SOBRECIMENTOS MEZCLA 1:8 + 25% P.M.	m <sup>2</sup>	1.68	265.07	445.32
01.03.01.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SOBRECIMIENTO	m <sup>2</sup>	11.20	43.19	483.73
01.03.02	<b>CONCRETO ARMADO</b>				<b>24,379.34</b>
01.03.02.01	<b>ZAPATAS</b>				<b>13,790.74</b>
01.03.02.01.01	CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	20.35	320.07	6,513.42
01.03.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ZAPATAS	m <sup>2</sup>	58.80	68.93	4,053.08
01.03.02.01.03	ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	734.45	4.39	3,224.24
01.03.02.02	<b>VIGA DE CIMENTACION</b>				<b>10,588.60</b>
01.03.02.02.01	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	9.16	326.33	2,989.18
01.03.02.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS DE CIMENTACION	m <sup>2</sup>	18.50	66.57	1,231.55
01.03.02.02.03	ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	1,450.54	4.39	6,367.87
	<b>Costo Directo</b>				<b>66,058.07</b>

**SON : SESENTISEIS MIL CINCUENTIOCHO Y 07/100 NUEVOS SOLES**

S10

Página

1

### Presupuesto

Presupuesto **0102006 LOSA DE CIMENTACION**  
 Subpresupuesto **001 ESTRUCTURAS**  
 Cliente **Universidad Católica de Santa María** Costo al **15/10/2018**  
 Lugar **AREQUIPA - AREQUIPA - SOCABAYA**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>ESTRUCTURAS</b>				<b>99,214.49</b>
01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICAL	m <sup>2</sup>	192.00	3.07	589.44
01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24,327.55</b>
01.02.01	EXCAVACION MANUAL DEL TERRENO	m <sup>3</sup>	307.20	44.74	13,744.13
01.02.02	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m <sup>2</sup>	192.00	4.05	777.60
01.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXEDENTE HASTA D=30M	m <sup>3</sup>	307.20	7.31	2,245.63
01.02.04	ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO	m <sup>3</sup>	307.20	24.61	7,560.19
01.03	<b>CONCRETO ARMADO</b>				<b>74,297.50</b>
01.03.01	<b>LOSA DE CIMENTACION</b>				<b>68,007.33</b>
01.03.01.01	CONCRETO LOSAS f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	106.96	317.45	33,954.45
01.03.01.02	ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	7,756.92	4.39	34,052.88
01.03.02	<b>VIGA DE CIMENTACION</b>				<b>5,415.73</b>
01.03.02.01	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	8.40	326.33	2,741.17
01.03.02.02	ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	609.24	4.39	2,674.56
01.03.03	<b>CAPITELES</b>				<b>874.44</b>
01.03.03.01	CONCRETO CAPITELES	m <sup>3</sup>	1.74	315.57	549.09
	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CAPITELES	m <sup>2</sup>	4.72	68.93	325.35
	<b>Costo Directo</b>				<b>99,214.49</b>

**SON : NOVENTINUEVE MIL DOSCIENTOS CATORCE Y 49/100 NUEVOS SOLES**

Fecha : 03/12/2018 09:34:05 a.m.

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 0102005 CIMENTACION REFORZADA CON GEOSINTETICOS

Subpresupuesto 001 ESTRUCTURAS

Partida 01.01 (010101020105-0102005-01TRAZO Y REPLANTEO INICAL

Costo unitario directo por: m<sup>2</sup> 3.07

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0027	23.00	0.06
0101010005	PEON	hh	0.0800	13.68	1.09
010103000000	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	0.0267	18.35	0.49
<b>1.64</b>					
<b>Materiales</b>					
020412000100	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg	0.0050	3.82	0.02
0213020001	CAL	kq	0.0500	15.40	0.77
0231010001	MADERA TORNILLO	pie <sup>2</sup>	0.0200	5.95	0.12
0292010001	CORDEL	m	0.1900	0.20	0.04
<b>0.95</b>					
<b>Equipos</b>					
0301000011	TEODOLITO	hm	0.0267	16.10	0.43
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.05	0.05
<b>0.48</b>					

Partida 01.02.01 (010104010003-0102005-01EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMENTOS

Costo unitario directo por: m<sup>3</sup> 44.74

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2667	23.00	6.13
0101010005	PEON	hh	2.6667	13.68	36.48
<b>42.61</b>					
<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.13	2.13
<b>2.13</b>					

Partida 01.02.02 (010104020204-0102005-01RELLENO DE AFIRMADO EN CAPAS DE 0.20 m

Costo unitario directo por: m<sup>3</sup> 13.57

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0080	23.00	0.18
0101010003	OPERARIO	hh	0.0800	18.35	1.47
0101010005	PEON	hh	0.0800	13.68	1.09
<b>2.74</b>					
<b>Materiales</b>					
0207040001	MATERIAL GRANULAR	m <sup>3</sup>	0.2000	45.00	9.00
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>	0.0500	6.20	0.31
<b>9.31</b>					
<b>Equipos</b>					
030104000300	MOTOBOMBA DE 2" (5HP)	hm	0.0800	6.94	0.56
0301100007	PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4 HP	hm	0.0800	12.00	0.96

**1.52**

Partida	<b>01.02.03</b>	<b>(010104040101-0102005-01NIVELACION INTERIOR Y APISONADO</b>				
				Costo unitario directo por:	m <sup>2</sup>	<b>4.05</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0080	23.00	0.18	
0101010003	OPERARIO	hh	0.0800	18.35	1.47	
0101010005	PEON	hh	0.0800	13.68	1.09	
					<b>2.74</b>	
	<b>Materiales</b>					
0204120001000	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg	0.0100	3.82	0.04	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>	0.0080	6.20	0.05	
0231190001	MADERA PINO	pie <sup>2</sup>	0.0300	5.95	0.18	
					<b>0.27</b>	
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.08	0.08	
0301100007	PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4 HP	hm	0.0800	12.00	0.96	
					<b>1.04</b>	
Partida	<b>01.02.04</b>	<b>(010312010101-0102005-01GEOTEXTIL</b>				
				Costo unitario directo por:	m <sup>2</sup>	<b>3.93</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0267	23.00	0.61	
0101010003	OPERARIO	hh	0.0267	18.35	0.49	
0101010005	PEON	hh	0.0533	13.68	0.73	
					<b>1.83</b>	
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.05	0.05	
					<b>0.05</b>	
	<b>Subcontratos</b>					
0409080001	SC GEOTEXTIL	m <sup>2</sup>	1.0300	1.99	2.05	
					<b>2.05</b>	
Partida	<b>01.02.05</b>	<b>(010104030403-0102005-01ACARREO DE MATERIAL EXEDENTE HASTA D=30M</b>				
				Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>	<b>7.31</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0080	23.00	0.18	
0101010005	PEON	hh	0.0800	13.68	1.09	
					<b>1.27</b>	
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.04	0.04	
0301170002000	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	0.0800	75.00	6.00	
					<b>6.04</b>	
Partida	<b>01.02.06</b>	<b>(010104030301-0102005-01ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO</b>				
				Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>	<b>24.61</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0080	23.00	0.18	
0101010004	OFICIAL	hh	0.0800	15.21	1.22	
0101010005	PEON	hh	0.0800	13.68	1.09	
					<b>2.49</b>	
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.12	0.12	
0301160001000	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.0400	150.00	6.00	
0301220004000	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	0.0800	200.00	16.00	

22.12

Partida	<b>01.03.01.01</b>	<b>(010105010110-0102005-01)CONCRETO CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEI</b>			
		Costo unitario directo por:		m <sup>3</sup>	<b>147.97</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>				
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0320	23.00	0.74
0101010003	OPERARIO	hh	0.3200	18.35	5.87
0101010004	OFICIAL	hh	0.6400	15.21	9.73
0101010005	PEON	hh	0.6400	13.68	8.76
					<b>25.10</b>
	<b>Materiales</b>				
0207010006	PIEDRA GRANDE DE 8"	m <sup>3</sup>	0.5040	48.00	24.19
0207030001	HORMIGON	m <sup>3</sup>	0.8700	37.00	32.19
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	3.0450	20.10	61.20
0290130021	AGUA	und	0.1050	6.20	0.65
					<b>118.23</b>
	<b>Equipos</b>				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.75	0.75
030129000300C	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	0.3200	12.16	3.89
					<b>4.64</b>
Partida	<b>01.03.01.02</b>	<b>(010105010203-0102005-01)CONCRETO SOBRECIMENTOS MEZCLA 1:8 + 25% P.M.</b>			
		Costo unitario directo por:		m <sup>3</sup>	<b>265.07</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>				
0101010003	OPERARIO	hh	1.3333	18.35	24.47
0101010004	OFICIAL	hh	2.6667	15.21	40.56
0101010005	PEON	hh	5.3333	13.68	72.96
					<b>137.99</b>
	<b>Materiales</b>				
0207010005	PIEDRA MEDIANA	m <sup>3</sup>	0.4000	45.00	18.00
0207030001	HORMIGON	m <sup>3</sup>	0.8500	37.00	31.45
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>	0.1800	6.20	1.12
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	3.0000	20.10	60.30
					<b>110.87</b>
	<b>Equipos</b>				
030129000300C	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.3333	12.16	16.21
					<b>16.21</b>
Partida	<b>01.03.01.03</b>	<b>(010106010204-0102005-01)ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SOBRECIMIENTO</b>			
		Costo unitario directo por:		m <sup>2</sup>	<b>43.19</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>				
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0556	23.00	1.28
0101010003	OPERARIO	hh	0.5556	18.35	10.20
0101010005	PEON	hh	0.5556	13.68	7.60
					<b>19.08</b>
	<b>Materiales</b>				
020401000100C	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kq	0.7822	3.97	3.11
020412000100C	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg	0.1300	3.82	0.50
0231010001	MADERA TORNILLO	pie <sup>2</sup>	3.3500	5.95	19.93
					<b>23.54</b>
	<b>Equipos</b>				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.57	0.57
					<b>0.57</b>
Partida	<b>01.03.02.01.01</b>	<b>(010105011101-0102005-01)CONCRETO ZAPATAS f<sub>c</sub>=210 kg/cm<sup>2</sup></b>			
		Costo unitario directo por:		m <sup>3</sup>	<b>320.07</b>
Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.

<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0667	23.00	1.53
0101010003	OPERARIO	hh	0.6667	18.35	12.23
0101010004	OFICIAL	hh	0.6667	15.21	10.14
0101010005	PEON	hh	3.3333	13.68	45.60
					<b>69.50</b>

<b>Materiales</b>					
020701000100C	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>	0.8500	47.00	39.95
020702000100C	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.5000	37.00	18.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>	0.1840	6.20	1.14
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.0400	20.10	181.70
					<b>241.29</b>

<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.48	3.48
030129000100C	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.3333	5.24	1.75
030129000300C	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	0.3333	12.16	4.05
					<b>9.28</b>

Partida	01.03.02.01.02	(010106010404-0102005-01) ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ZAPATAS	Costo unitario directo por:			m <sup>2</sup>	68.93
---------	----------------	---	-----------------------------	--	--	----------------	-------

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	23.00	2.30
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	18.35	18.35
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	15.21	15.21
0101010005	PEON	hh	0.5000	13.68	6.84
					<b>42.70</b>

<b>Materiales</b>					
020401000100C	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	0.1000	3.97	0.40
020412000100C	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg	0.1500	3.82	0.57
0231010001	MADERA TORNILLO	pie <sup>2</sup>	4.0300	5.95	23.98
					<b>24.95</b>

<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.28	1.28
					<b>1.28</b>

Partida	01.03.02.01.03	(010107010102-0102005-01) ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	Costo unitario directo por:			kg	4.39
---------	----------------	--	-----------------------------	--	--	----	------

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0032	23.00	0.07
0101010003	OPERARIO	hh	0.0320	18.35	0.59
0101010004	OFICIAL	hh	0.0320	15.21	0.49
					<b>1.15</b>

<b>Materiales</b>					
020401000200C	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	0.0500	3.82	0.19
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	1.0500	2.85	2.99
					<b>3.18</b>

<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.06	0.06
					<b>0.06</b>

Partida	01.03.02.02.01	(010105011701-0102005-01) CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Costo unitario directo por:			m <sup>3</sup>	326.33
---------	----------------	--	-----------------------------	--	--	----------------	--------

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1280	23.00	2.94
0101010003	OPERARIO	hh	0.6400	18.35	11.74
0101010004	OFICIAL	hh	1.2800	15.21	19.47
0101010005	PEON	hh	3.2000	13.68	43.78
					<b>77.93</b>

**Materiales**

020701000100C	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>	0.8500	47.00	39.95
020702000100C	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.5000	37.00	18.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>	0.1840	6.20	1.14
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	9.0000	20.10	180.90
					<b>240.49</b>

**Equipos**

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.34	2.34
030129000100C	VIBRADOR A GASOLINA	hm	0.3200	5.24	1.68
030129000300C	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	0.3200	12.16	3.89
					<b>7.91</b>

Partida	<b>01.03.02.02.02</b>	<b>(010106010902-0102005-01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS DE CIMENTACION</b>	Costo unitario directo por:		<b>m<sup>2</sup></b>	<b>66.57</b>
---------	-----------------------	--	-----------------------------	--	----------------------	--------------

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	23.00	2.30
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	18.35	18.35
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	15.21	15.21
0101010005	PEON	hh	0.5000	13.68	6.84
					<b>42.70</b>
<b>Materiales</b>					
020401000100C	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	0.3000	3.97	1.19
020412000100C	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kq	0.1500	3.82	0.57
0231010001	MADERA TORNILLO	pie <sup>2</sup>	3.5000	5.95	20.83
					<b>22.59</b>
<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.28	1.28
					<b>1.28</b>

Partida	<b>01.03.02.02.03</b>	<b>(010107010102-0102005-01 ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup> GRADO 60</b>	Costo unitario directo por:		<b>kg</b>	<b>4.39</b>
---------	-----------------------	---	-----------------------------	--	-----------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unida	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.0032	23.00	0.07
0101010003	OPERARIO	hh	0.0320	18.35	0.59
0101010004	OFICIAL	hh	0.0320	15.21	0.49
					<b>1.15</b>
<b>Materiales</b>					
020401000200C	ALAMBRE NEGRO N° 16	kq	0.0500	3.82	0.19
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kq	1.0500	2.85	2.99
					<b>3.18</b>
<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.06	0.06
					<b>0.06</b>

Fecha : 03/12/2018 09:14:48 a.m.

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto **0102006 LOSA DE CIMENTACION**  
 Subpresupuesto **001 ESTRUCTURAS** Fecha presupuesto **15/10/2018**

Partida **ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CAPITELES**  
 Rendimiento **m²/día 8.0000** EQ. **8.0000** Costo unitario directo por : m² **68.93**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	23.00	2.30
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	18.35	18.35
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	15.21	15.21
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.5000	13.68	6.84
						<b>42.70</b>
<b>Materiales</b>						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1000	3.97	0.40
02041200010009	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg		0.1500	3.82	0.57
0231010001	MADERA TORNILLO	pie²		4.0300	5.95	23.98
						<b>24.95</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	42.70	1.28
						<b>1.28</b>

Partida **01.01** **TRAZO Y REPLANTEO INICAL**  
 Rendimiento **m²/día 300.0000** EQ. **300.0000** Costo unitario directo por : m² **3.07**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	23.00	0.06
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0800	13.68	1.09
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0267	18.35	0.49
						<b>1.64</b>
<b>Materiales</b>						
02041200010009	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg		0.0050	3.82	0.02
0213020001	CAL	kg		0.0500	15.40	0.77
0231010001	MADERA TORNILLO	pie²		0.0200	5.95	0.12
0292010001	CORDEL	m		0.1900	0.20	0.04
						<b>0.95</b>
<b>Equipos</b>						
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0267	16.10	0.43
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.64	0.05
						<b>0.48</b>

Partida **01.02.01** **EXCAVACION MANUAL DEL TERRENO**  
 Rendimiento **m³/día 3.0000** EQ. **3.0000** Costo unitario directo por : m³ **44.74**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.2667	23.00	6.13
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.6667	13.68	36.48
						<b>42.61</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	42.61	2.13
						<b>2.13</b>

Partida	01.02.02 NIVELACION INTERIOR Y APISONADO					
Rendimiento	m <sup>2</sup> /día	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>		4.05
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	23.00	0.18
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	18.35	1.47
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	13.68	1.09
						<b>2.74</b>
<b>Materiales</b>						
02041200010009	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg		0.0100	3.82	0.04
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.0080	6.20	0.05
0231190001	MADERA PINO	pie <sup>2</sup>		0.0300	5.95	0.18
						<b>0.27</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.74	0.08
0301100007	PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4 HP	hm	1.0000	0.0800	12.00	0.96
						<b>1.04</b>
Partida	01.02.03 ACARREO DE MATERIAL EXEDENTE HASTA D=30m					
Rendimiento	m <sup>3</sup> /día	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>		7.31
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	23.00	0.18
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	13.68	1.09
						<b>1.27</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.27	0.04
03011700020001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58	hm	1.0000	0.0800	75.00	6.00
						<b>6.04</b>
Partida	01.02.04 ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO					
Rendimiento	m <sup>3</sup> /día	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>		24.61
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	23.00	0.18
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	15.21	1.22
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	13.68	1.09
						<b>2.49</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.49	0.12
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 F	hm	0.5000	0.0400	150.00	6.00
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m <sup>3</sup>	hm	1.0000	0.0800	200.00	16.00
						<b>22.12</b>

Partida	01.03.01.01 CONCRETO LOSAS f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>					
Rendimiento	m <sup>3</sup> /día	22.0000	EQ. 22.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>	317.45	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0364	23.00	0.84
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.7273	18.35	13.35
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.7273	15.21	11.06
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.9091	13.68	39.80
						<b>65.05</b>
<b>Materiales</b>						
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.9000	47.00	42.30
02070200010002	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.5000	37.00	18.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.1800	6.20	1.12
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0000	20.10	180.90
						<b>242.82</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	65.05	3.25
03012900010003	VIBRADOR A GASOLINA	hm	1.0000	0.3636	5.24	1.91
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HF	hm	1.0000	0.3636	12.16	4.42
						<b>9.58</b>
Partida	01.03.01.02 ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60					
Rendimiento	kg/día	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : kg	4.39	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	23.00	0.07
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	18.35	0.59
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	15.21	0.49
						<b>1.15</b>
<b>Materiales</b>						
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	3.82	0.19
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRA	kg		1.0500	2.85	2.99
						<b>3.18</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.15	0.06
						<b>0.06</b>
Partida	01.03.02.01 CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>					
Rendimiento	m <sup>3</sup> /día	12.5000	EQ. 12.5000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>	326.33	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1280	23.00	2.94
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6400	18.35	11.74
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.2800	15.21	19.47
0101010005	PEON	hh	5.0000	3.2000	13.68	43.78
						<b>77.93</b>
<b>Materiales</b>						
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.8500	47.00	39.95
02070200010002	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.5000	37.00	18.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.1840	6.20	1.14
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0000	20.10	180.90

240.49

**Equipos**

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	77.93	2.34
03012900010003	VIBRADOR A GASOLINA	hm	0.5000	0.3200	5.24	1.68
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HF hm		0.5000	0.3200	12.16	3.89
						<b>7.91</b>

Partida **01.03.02.02 ACERO DE REFUERZO Fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup> GRADO 60**

Rendimiento **kg/día 250.0000 EQ. 250.0000 Costo unitario directo por : kg 4.39**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	23.00	0.07
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	18.35	0.59
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	15.21	0.49
						<b>1.15</b>

**Materiales**

02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	3.82	0.19
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRA	kg		1.0500	2.85	2.99
						<b>3.18</b>

**Equipos**

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.15	0.06
						<b>0.06</b>

Partida **01.03.03.01 CONCRETO CAPITELES**

Rendimiento **m<sup>3</sup>/día 8.0000 EQ. 8.0000 Costo unitario directo por : m<sup>3</sup> 315.57**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1000	23.00	2.30
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	18.35	18.35
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0000	15.21	15.21
0101010005	PEON	hh	2.0000	2.0000	13.68	27.36
						<b>63.22</b>

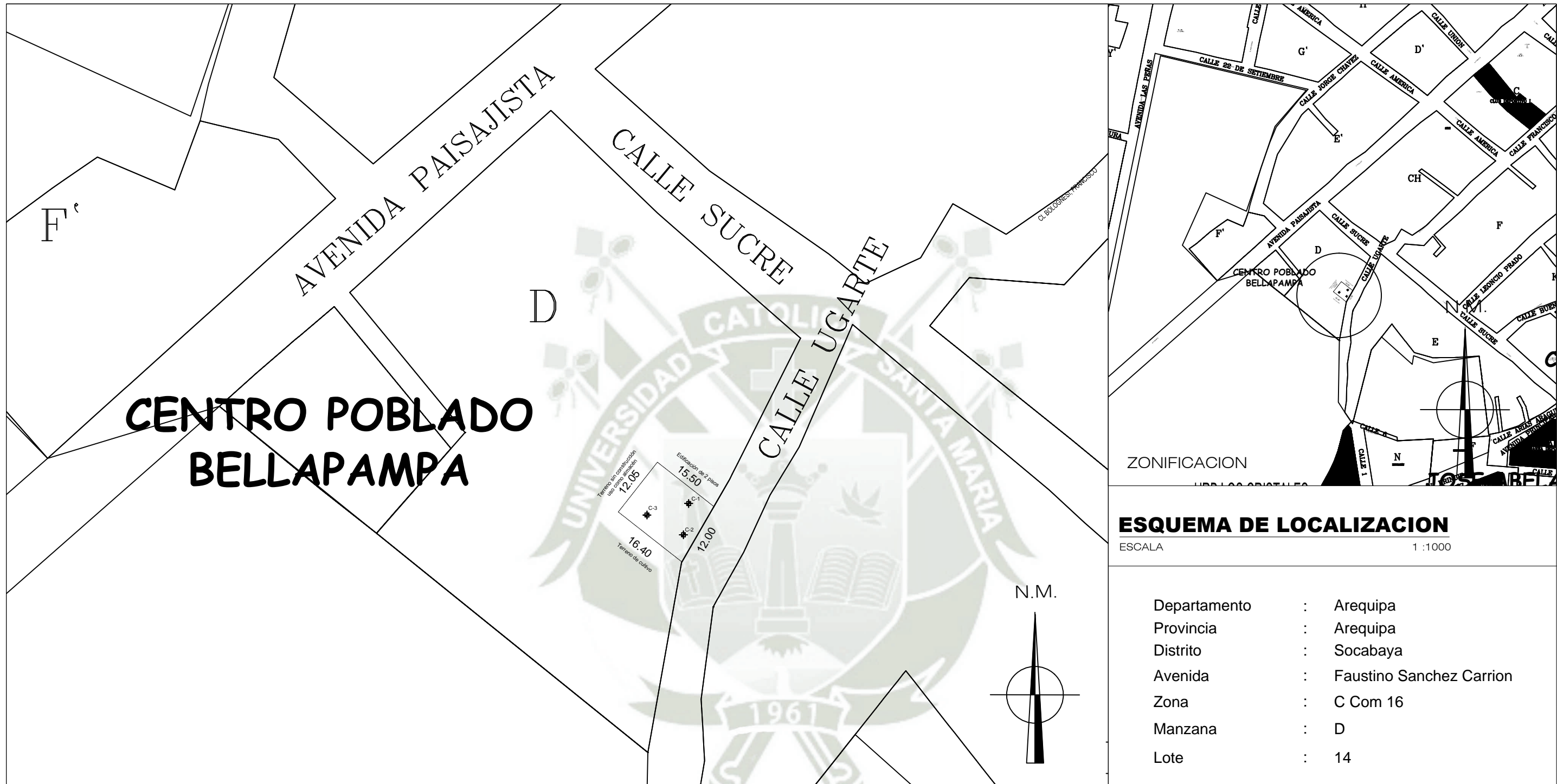
**Materiales**

02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.8500	47.00	39.95
02070200010002	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.5000	37.00	18.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.1840	6.20	1.14
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.0000	20.10	180.90
						<b>240.49</b>

**Equipos**

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	63.22	3.16
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.5000	0.5000	5.24	2.62
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HF hm		0.5000	0.5000	12.16	6.08
						<b>11.86</b>





**ESQUEMA DE LOCALIZACION**

ESCALA 1 : 1000

Departamento : Arequipa  
 Provincia : Arequipa  
 Distrito : Socabaya  
 Avenida : Faustino Sanchez Carrion  
 Zona : C Com 16  
 Manzana : D  
 Lote : 14

**PLANO DE UBICACION**

ESCALA 1 : 500

**CUADRO DE AREAS (m<sup>2</sup>)**

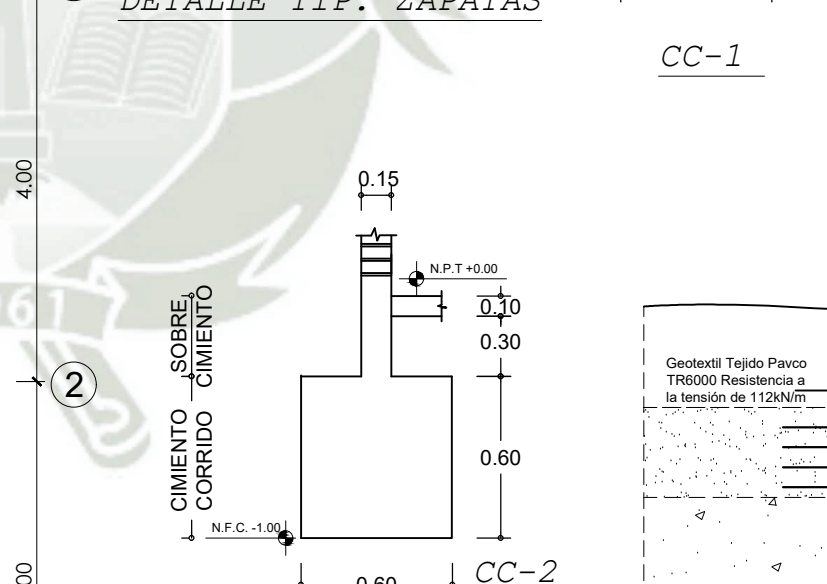
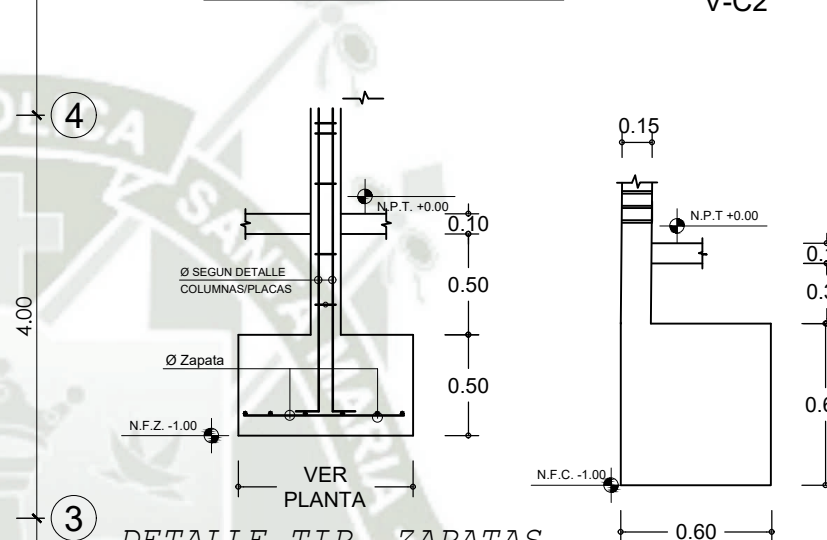
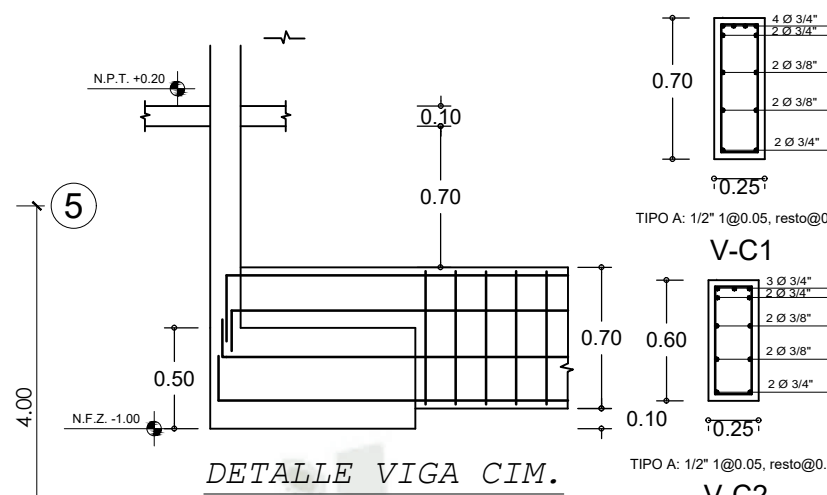
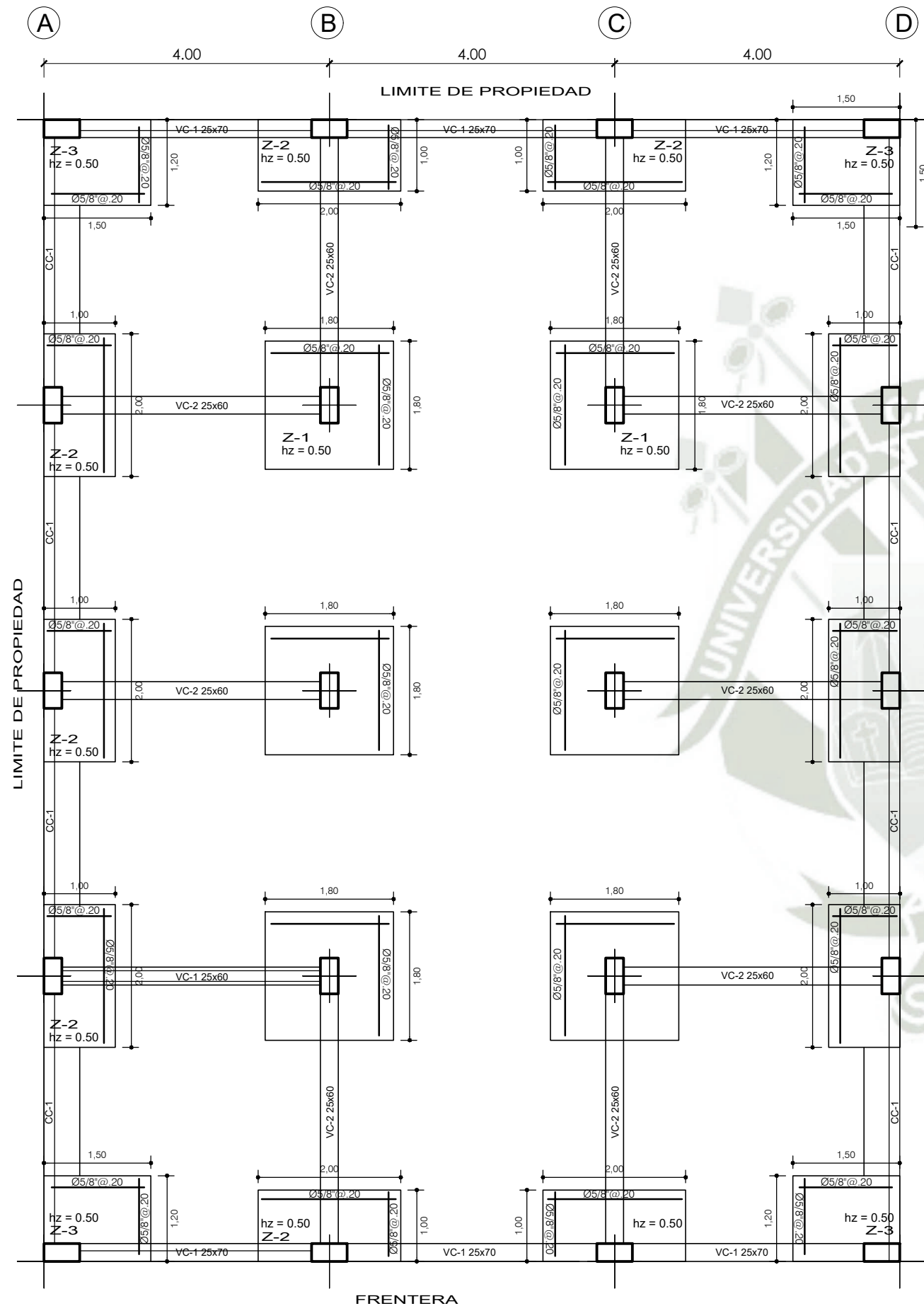
PARAMETROS	NORMATIVO	PROYECTO	PISOS	AREAS DECLARADAS				
				EXISTENTE	DEMOLICION	NUEVA	A. EXT. INT	TOTAL
USOS: ZONIFICACION			PRIMER PISO					
DENSIDAD NETA			SEGUNDO PISO					
COEFICIENTE DE EDIFICACION			TERCER PISO					
AREA LIBRE			AZOTEA					
ALTURA MAXIMA								
RETIRO MINIMO	FRONTAL		SUB TOTAL					
	LATERAL		AREA TECHADA					
	POSTERIOR		AREA LIBRE					
ALINEAMIENTO DE FACHADA			AREA DEL TERRENO					180.00m <sup>2</sup>
ESTACIONAMIENTO								

PROYECTO  
 “ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO-SINTÉTICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE”

PLANO LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN LAMINA

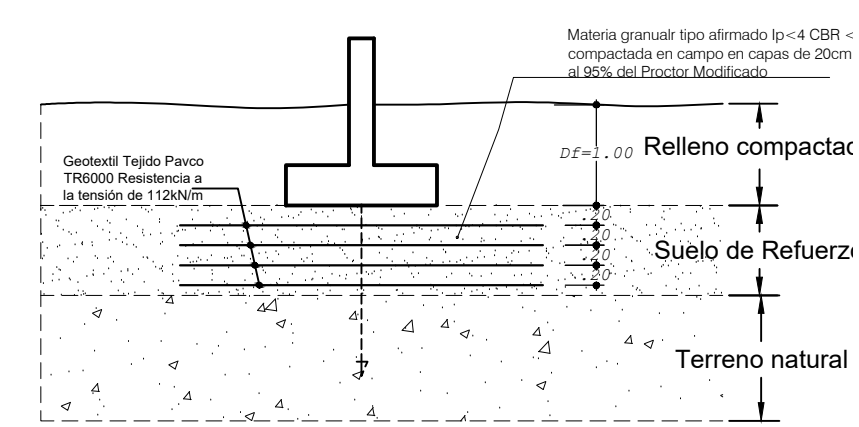
ESCALA INDICADAS FECHA Marzo 2018

**U - 1**

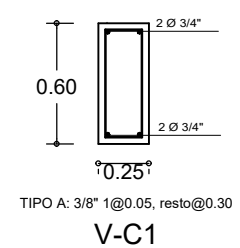
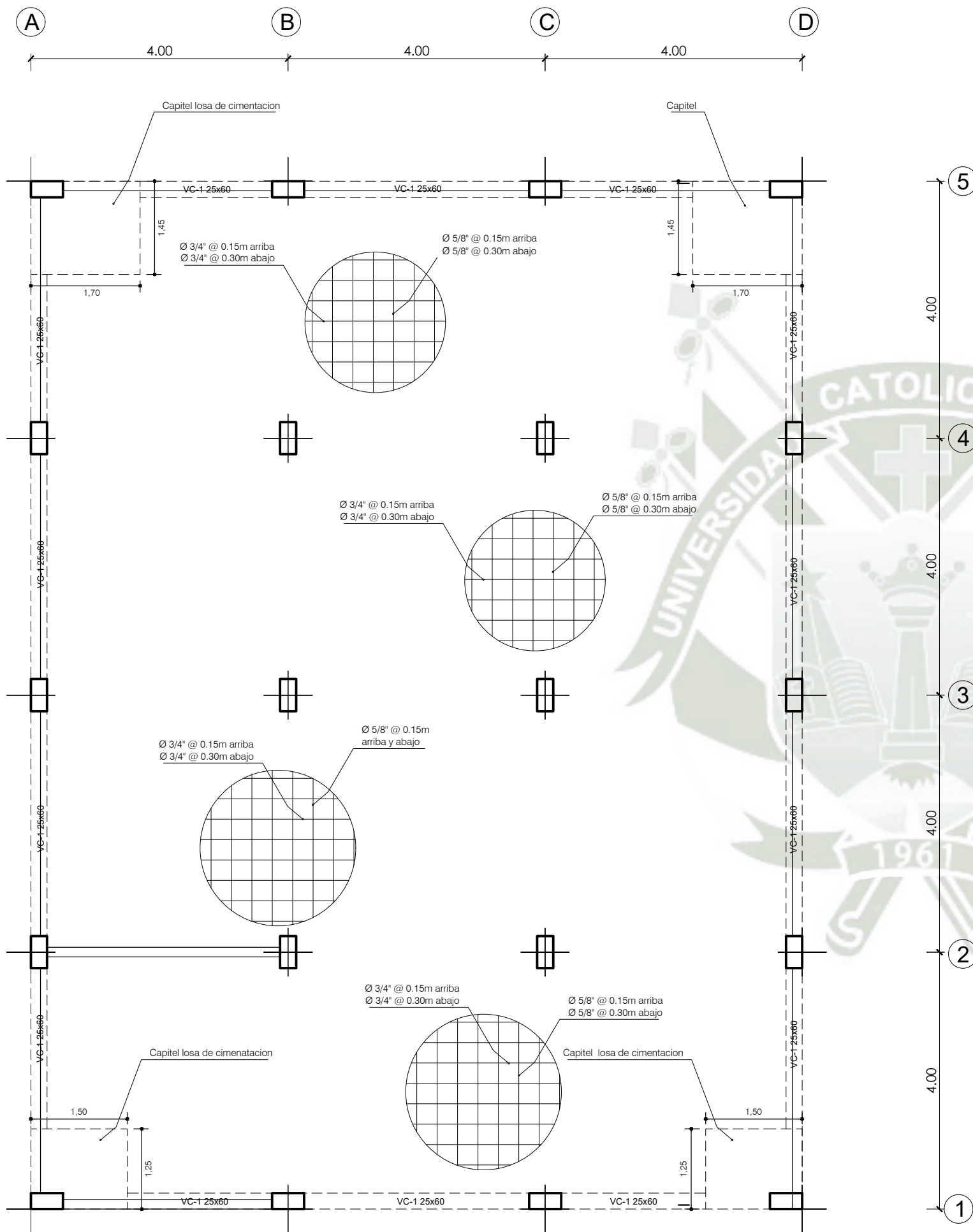


**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

- CONCRETO SIMPLE:
  - CIMENTOS CORRIDOS .-  $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ . (C:H 1:10 + 30% P.G.)
  - SOBRECIMENTOS .-  $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ . (C:H 1:8 + 25% P.M.)
- CONCRETO ARMADO:
  - ZAPATAS .-  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - COLUMNAS Y PLACAS .-  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - COLUMNETAS .-  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - LOSAS, VIGAS, ESCALERAS Y RESTO .-  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
- ALBAÑILERÍA CONFINADA:
  - MUROS DE ALBAÑILERÍA .-  $f_m = 65 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - UNIDAD DE LADRILLO MECANIZADA .- TIPO IV (9x14x24 cms.)
  - MORTERO .- P1 (1:5 Cemento - Arena) min. 1.0 - máx. 1.5 cm.)
- ACERO : (ASTM A-650)
  - Varillas corrugadas en su totalidad:  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO :
  - Capacidad portante suelo sin refuerzo 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>.
  - Profundidad de desplante -1.00 m
- RECUBRIMIENTOS LIBRES :
  - Losas y aligerado : 2.0 cm.
  - Muros de Cortante (Placas) : 3.0 cm.
  - Columnas y vigas peraltadas : 4.0 cm.
  - Zapatas : 7.0 cm.
- CARGAS PERMANENTES :
  - Piso terminado y cielo raso : 100 Kg/m<sup>2</sup>.
  - Tabiquería : 30 Kg/m<sup>2</sup>.
- SOBRECARGAS .
  - Techos aligerados y macizos : 200 Kg/m<sup>2</sup>.
  - Azoteas : 100 Kg/m<sup>2</sup>.
  - Escaleras y Pasillos : 200 Kg/m<sup>2</sup>.
- AGREGADOS :
  - $d < 1/5$  la distancia entre caras del encofrado
  - $d > 3/4$  del espacio libre entre barras del refuerzo.
- IMPORTANTE :
  - 1.- El Geo textil de refuerzo se colocaran en capas de 20cm en todo la superficie del terreno, se utilizara como material de relleno entre las capas de refuerzo Materia granular tipo afirmado  $I_p < 4$  CBR < 20 la cual será compactada al 95% del Proctor Modificado
  - 2.- Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, estos se deberán traslapar, o unir mediante la realización de una costura. El traslapo mínimo será de sesenta centímetros (60 cm).
  - 3.- En las uniones, cuando se intersecten los refuerzos longitudinales de viga y columna, las varillas de las vigas deberán ser grifadas ligeramente
  - 4.- Curar el concreto por vía húmeda. Se recomienda el uso de un sellador en el concreto de elementos estructurales para impedir la oxidación de la armadura.
  - 5.- Para el trazado y dimensiones ver planos de Arquitectura.
  - 6.- Debido a la concentración de acero en columnas, el acero positivo y negativo de las vigas, deberán colocarse como indica los planos.



propietario		UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA		Lamina
		Proyecto de Tesis: ANALISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO SINTETICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE		E-1
		Plano Cimentaciones	ubicacion	
Obra	Equipo	Dibujo	Escala	Fecha
			1 / 50	NOVIEMBRE 2018



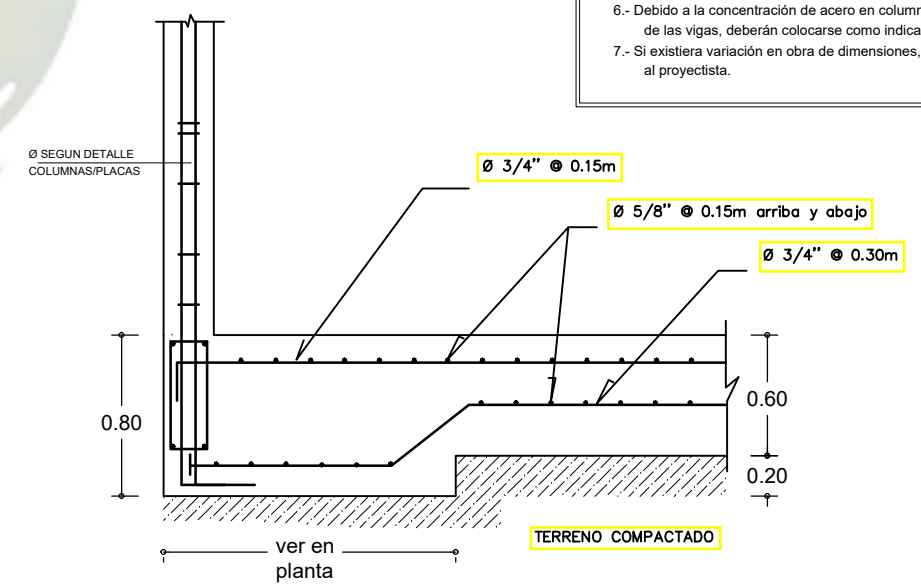
**PARÁMETROS SISMO-RESISTENTES**

A.- Sistema Estructural Sismo-Resistente:  
-Albanelería Confinada y Dual

B.- Parámetros Para Definir Fuerza Sísmica:

ESPECTRO DE DISEÑO			
Z	0,35	Factor de Zona	Zona 4 Islay Moyendo
S	1,15	Factor de Suelo	Suelo Intermedio
Tp	0,60	Periodo	Suelo Intermedio
U	1,00	Factor de Uso	Edif. Comun
I	1,00	Factor de Irregularidad	Edif. rregular
Rx	8	Coefficiente de Reducción	Sistema aporticado
Ry	8	Coefficiente de Reducción	Sistema aporticado
DESPLAZAMIENTOS			
BLOQUE "A"		Dirección X-X	Dirección Y-Y
Desplazamiento relativo de entrepiso		0.0012	0.0004
Desplaz. maximos (cm)		0.316	0.143

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**
- CONCRETO SIMPLE:
    - CIENTOS CORRIDOS.-  $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ . (C:H 1:10 + 30% P.G.)
    - SOBRECIMENTOS.-  $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ . (C:H 1:8 + 25% P.M.)
  - CONCRETO ARMADO:
    - ZAPATAS.-  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
    - COLUMNAS Y PLACAS.-  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
    - COLUMNETAS.-  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ .
    - LOSAS, VIGAS, ESCALERAS Y RESTO.-  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - ALBAÑILERÍA CONFINADA:
    - MUROS DE ALBAÑILERÍA.-  $f_m = 65 \text{ Kg/cm}^2$ .
    - UNIDAD DE LADRILLO MECANIZADA.- TIPO IV (9x14x24 cms.)
    - MORTERO.- P1 (1:5 Cemento - Arena) min. 1,0 - máx. 1,5 cm.)
  - ACERO : (ASTM A-650)
    - Varillas corrugadas en su totalidad:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
  - CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO :
    - Capacidad portante: 1.8 Kg/cm2.
    - Profundidad de desplante: -1.00 m
  - RECUBRIMIENTOS LIBRES :
    - Losas y aligerado: 2,0 cm.
    - Muros de Cortante (Placas): 3,0 cm.
    - Columnas y vigas peraltadas: 4,0 cm.
    - Vigas chatas y escaleras: 2,0 cm.
  - CARGAS PERMANENTES :
    - Piso terminado y cielo raso: 100 Kg/m2.
    - Tabiquería: 30 Kg/m2.
  - SOBRECARGAS .
    - Techos aligerados y macizos: 200 Kg/m2.
    - Azoteas: 100 Kg/m2.
    - Escaleras y Pasillos: 200 Kg/m2.
  - AGREGADOS :
    - $d < 1/5$  la distancia entre caras del encofrado
    - $d > 3/4$  del espacio libre entre barras del refuerzo.
  - IMPORTANTE :
    - En las uniones, cuando se intersecten los refuerzos longitudinales de viga y columna, las varillas de las vigas deberán ser grifadas ligeramente, para mantener la posición del acero de las columnas.
    - Vibrar el concreto con vibradora de aguja. Seguir las especificaciones del fabricante.
    - Todas las medidas están dadas en metros salvo indicación.
    - Curar el concreto por vía húmeda. Se recomienda el uso de un sellador en el concreto de elementos estructurales para impedir la oxidación de la armadura.
    - Para el trazado y dimensiones ver planos de Arquitectura.
    - Debido a la concentración de acero en columnas, el acero positivo y negativo de las vigas, deberán colocarse como indica los planos.
    - Si existiera variación en obra de dimensiones, materiales u otro comunicar al proyectista.



**DETALLE CAPITEL LOSA DE CIMENTACION**

propietario	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		Lamina
	Proyecto de Tesis: <b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y USO DE GEO SINTÉTICOS EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE</b>		<b>E-1</b>
	Plano: Cimentaciones	ubicación: Calle Alfonso Ugarte D-14 Bellapampa- Socabaya	
Obra	Equipo	Dibujo	Escala: 1 / 50
			NOVIEMBRE 2011



**ANEXO 5 – FICHA TÉCNICA GEO TEXTIL TEJIDO PAVCO**

# GEOTEXTILES TEJIDOS

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS |

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Método Grab Resistencia a la tensión Elongación	ASTM D4632	N (lb) %	680 (153) 18	790 (178) 13	800 (180) 16	1140 (257) 15	1410 (317) 15	1870 (421) 19	2400 (540) 16	2900 (653) 22
Método tira ancha Sentido longitudinal Elongación	ASTM D4595	kN/m %	17 18	22 19	22 15	33 18	41 20	58 22	66 22	112 19
Sentido transversal Elongación	ASTM D4595	kN/m %	21 13	21 11	26 12	34 13	40 15	55 15	57 15	115 18
Resistencia al punzamiento	ASTM D4833	N (lb)	350 (79)	450 (101)	475 (107)	556 (125)	659 (148)	900 (203)	1060 (238)	1045 (235)
Método CBR Resistencia al punzamiento	ASTM D6241	kN	2,8	3,3	3,4	4,8	4,9	7,0	8,0	11,0
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D4533	N (lb)	275 (62)	230 (52)	300 (68)	400 (90)	500 (113)	606 (136)	690 (155)	1462 (329)
Método Mullen Burst Resistencia al estallido	ASTM D3786	kPa (psi)	2150 (312)	2765 (401)	3013 (437)	3689 (535)	4447 (645)	5895 (856)	6653 (965)	7791 (1130)

PROPIEDADES HIDRÁULICAS	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Tamaño de abertura aparente	ASTM D4751	mm (N.º Tamiz)	0.600 (30)	0.425 (40)	0.425 (40)	0.300 (50)	0.425 (40)	0.600 (30)	0.600 (30)	0.425 (40)
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	$0.8 \times 10^{-2}$	$0.8 \times 10^{-2}$	$0.6 \times 10^{-2}$	$4.8 \times 10^{-2}$	$4.2 \times 10^{-2}$	$5.1 \times 10^{-2}$	$6.4 \times 10^{-2}$	$6.5 \times 10^{-2}$
Permittividad	ASTM D4491	s <sup>-1</sup>	0.26	0.15	0.10	0.53	0.53	0.51	0.54	1.10
Tasa de flujo	ASTM D4491	L/min/m <sup>2</sup>	758	422	265	1900	1450	1490	1500	1770

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Espesor	ASTM D5199	mm	0.3	0.5	0.6	0.9	0.8	1.0	1.2	0.5
Resistencia UV @ 500 horas	ASTM D4355	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>50
Rollo ancho	Medido	m	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.75
Rollo largo	Medido	m	200	160	160	140	120	100	100	100
Rollo área	Calculado	m <sup>2</sup>	770	616	616	539	462	385	385	375

PROPIEDADES GEOTEXTIL	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 3000	TR 4000	TR 6000
Separación			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estabilización				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Refuerzo					✓	✓	✓	✓	✓	✓

### CONVENCIONES

ASTM: American Society for Testing and Materials  
N.A.: No aplica.

Geosistemas PAVCO se reserva el derecho de introducir las modificaciones de especificaciones que considere necesarias para garantizar la óptima calidad y funcionalidad de sus productos sin previo aviso. La información aquí contenida se ofrece gratis y es cierta y exacta a nuestro leal saber y entender; no obstante, todas las recomendaciones y sugerencias están hechas sin garantía, puesto que las condiciones de uso están fuera de nuestro control.

Los valores enunciados corresponden a los valores MARV, que son el valor resultante del promedio estadístico menos dos veces la desviación estándar de los datos históricos.

Los geotextiles son productos fotodegradables, no biodegradables, no deben ser inclinados y se debe disponer de ellos en forma adecuada.

Estos productos han sido manufacturados bajo los controles de calidad establecidos por un sistema de gestión de calidad que cumple con los requisitos ISO 9001:2008.

Para asesoría en diseño, proceso constructivo e instalación, favor contactar al Departamento de Ingeniería de geosistemas PAVCO al siguiente correo:

[ingenieria@geosinteticos.amc@pavco.com.co](mailto:ingenieria@geosinteticos.amc@pavco.com.co)



**ANEXO 6 -MEMORIA DE CÁLCULO ACERO CIMENTACIÓN**

**DISEÑO DE UNA ZAPATA AISLADA PARA COLUMNAS**

**ZAPATA Z-3 EJE B-2**

Pd=	38.76	ton
Ppzap=	2.3795	ton
Pl=	8.83	ton
Pu=	87.85	ton
Mu=	2.26	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1.5	m
L=	1.5	m
A=	2.25	m <sup>2</sup>
e=	0.026	
$\sigma_1$ =	24.494	ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_2$ =	19.923	ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_t$ =	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.4	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
d=	0.3	m
<b>observaciones</b>	<b>SI CUMPLE</b>	

**cortante por punzonamiento**

Vu=	77.943	ton
$\beta$ =	2.00	
$\alpha$ =	40	
bo=	270	cm
Vc=	124.42	ton
Vc=	204.24	ton
Vc=	124.42	ton
Vu/ $\phi$ =	91.70	ok

**cortante flexion unidireccional**

Vu=	8.61	ton
Vc=	23.04	ton
Vu/ $\phi$ =	10.13	ok

**Diseño acero por flexion**

L=	1.5
n=	0.5
Mu=	3.79 ton*m
Ku=	4.21
$\rho$ =	0.0024
As=	7.246
espaciamiento	0.27 cm

5/8'

**DISEÑO DE UNA ZAPATA CONECTADA EJE 2-A**

**ZAP L.P.Eje 2-A**

Pd=	42.68	ton
Ppzap=	2.422	ton
Pl=	5.76	ton
Pu=	86.28	ton
Mu=	-2.27	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1	m
L=	2	m
A=	2	m <sup>2</sup>
e=	0.375	
σ1=	47.530	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracción	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificación d=	0.4	m

ok

ok

l=	3.9	m
R1=	56.27	ton
σ1=	28.14	ton/m <sup>2</sup>

**ZAP CONTRAPESO**

Pd=	38.76	ton
Ppzap=	2.3795	ton
Pl=	8.83	ton
Pu=	87.85	ton
Mu=	2.26	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1.5	m
L=	1.5	m
A=	2.25	m <sup>2</sup>
e=	0.625	
σ1=	92.032	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracción	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificación d=	0.4	m

de la verificación d=

l=	3.9	m
R2=	45.45	ton
σ2=	20.20	ton/m <sup>2</sup>

**cortante por punzonamiento**

Vu=	67.255	ton
β=	2.00	
α=	40	
bo=	310	cm
Vc=	190.47	ton
Vc=	347.45	ton
Vc=	190.47	ton
Vu/Ø=	79.12	ton

ok

**cortante flexion unidireccional**

Vu=	16.64	ton
Vc=	30.72	ton
Vu/Ø=	19.57	ton

ok

**Diseño acero por flexion**

L=	2	
n=	0.75	
Mu=	8.52	ton*m
Ku=	5.33	
ρ=	0.0024	
As=	9.661	cm
espaciamiento	0.20	cm

5/8"

**VIGA DE CIMENTACION**

Mu=	32.36	Ton*m
Vu=	1.01	Ton
b=	0.25	m
d=	0.61	m
Ku=	34.78	
ρ=	0.0104	
As=	15.883	cm
#barras	5.57	

3/4"

Ø	DIAM cm	AREA cm <sup>2</sup>
1/4"	0.64	0.32
3/8"	0.95	0.71
1/2"	1.27	1.27
5/8"	1.59	1.98
3/4"	1.91	2.85
1 "	2.54	5.07

**DISEÑO ZAPATA CONECTADA EJE 2-D**

**ZAP L.P. Eje 2-D**

Pd=	38.18	ton
Ppzap=	2.2545	ton
Pl=	6.91	ton
Pu=	65.2	ton
Mu=	1.47	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1	m
L=	2	m
A=	2	m <sup>2</sup>
e=	0.375	
σ1=	72.140	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracc	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificacion d=	0.4	m

ok

ok

**ZAP CONTRAPESO**

Pd=	43.87	ton
Ppzap=	2.8935	ton
Pl=	14	ton
Pu=	8502	ton
Mu=	-0.6	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1.5	m
L=	1.5	m
A=	2.25	m <sup>2</sup>
e=	0.625	
σ1=	69.547	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracc	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificacion d=	0.4	m

de la verificacion d=

l= 3.9 m

R1= 52.38 ton

σ1= 26.19 ton/m<sup>2</sup>

l= 3.9 m

R2= 56.59 ton

σ2= 25.15 ton/m<sup>2</sup>

**VIGA DE CIMENTACION**

Mu=	24.45	Ton*m
Vu=	1.02	Ton
b=	0.25	m
d=	0.64	m
Ku=	23.88	
ρ=	0.0068	
As=	10.904	
#barras	3.83	

3/4"

**cortante por punzonamiento**

Vu=	102.078	ton
β=	2.00	
α=	40	
bo=	310	cm
Vc=	190.47	ton
Vc=	347.45	ton
Vc=	190.47	ton
Vu/Ø=	120.09	ton

ok

**cortante flexion unidireccional**

Vu=	25.25	ton
Vc=	30.72	ton
Vu/Ø=	29.70	ton

ok

**Diseño acero por flexion**

L=	2
n=	0.75
Mu=	8.52 ton*m
Ku=	5.33
ρ=	0.0024
As=	9.661
espaciamiento	0.20 cm

5/8"

Ø	DIAM	AREA
1/4"	0.64	0.32
3/8"	0.95	0.71
1/2"	1.27	1.27
5/8"	1.59	1.98
3/4"	1.91	2.85
1 "	2.54	5.07

**DISEÑO DE UNA ZAPATA CONECTADA EJE 3-A**

**ZAP L.P. Eje 3-A**

Pd=	38	ton
Ppzap=	2.2175	ton
Pl=	6.35	ton
Pu=	64.03	ton
Mu=	1.47	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1	m
L=	2	m
A=	2	m <sup>2</sup>
e=	0.375	
σ1=	72.140	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracc	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificacion d=	0.4	m

ok

ok

**ZAP CONTRAPESO**

Pd=	43.45	ton
Ppzap=	2.866	ton
Pl=	13.87	ton
Pu=	84.41	ton
Mu=	-0.6	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1.5	m
L=	1.5	m
A=	2.25	m <sup>2</sup>
e=	0.625	
σ1=	68.299	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracc	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificacion d=	0.4	m

de la verificacion d=

l= 3.9 m

R1= 51.52 ton

σ1= 25.76 ton/m<sup>2</sup>

l= 3.9 m

R2= 56.08 ton

σ2= 24.93 ton/m<sup>2</sup>

**VIGA DE CIMENTACION**

Mu=	24.01	Ton*m
Vu=	1.02	Ton
b=	0.25	m
d=	0.51	m
Ku=	36.93	
ρ=	0.0112	
As=	14.299	
#barras	5.02	

3/4"

**cortante por punzonamiento**

Vu=	102.078	ton
β=	2.00	
α=	40	
bo=	310	cm
Vc=	190.47	ton
Vc=	347.45	ton
Vc=	190.47	ton
Vu/Ø=	120.09	ton

ok

**cortante flexion unidireccional**

Vu=	25.25	ton
Vc=	30.72	ton
Vu/Ø=	29.70	ton

ok

**Diseño acero por flexion**

L=	2
n=	0.75
Mu=	8.52 ton*m
Ku=	5.33
ρ=	0.0024
As=	9.661
espaciamiento	0.20 cm

5/8"

Ø	DIAM	AREA
1/4"	0.64	0.32
3/8"	0.95	0.71
1/2"	1.27	1.27
5/8"	1.59	1.98
3/4"	1.91	2.85
1 "	2.54	5.07

**DISEÑO DE UNA ZAPATA CONECTADA EJE 3-D**

**ZAP L.P.**

Pd=	38	ton
Ppzap=	2.2175	ton
Pl=	6.35	ton
Pu=	64.03	ton
Mu=	1.47	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1	m
L=	2	m
A=	2	m <sup>2</sup>
e=	0.375	
σ1=	72.140	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracc	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificacion d=	0.4	m

**ZAP CONTRAPESO**

Pd=	43.45	ton
Ppzap=	2.866	ton
Pl=	13.87	ton
Pu=	84.41	ton
Mu=	-0.6	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1.5	m
L=	1.5	m
A=	2.25	m <sup>2</sup>
e=	0.625	
σ1=	68.299	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracc	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
d=	0.4	m

**cortante por punzonamiento**

Vu=	102.078	ton
β=	2.00	
α=	40	
bo=	310	cm
Vc=	190.47	ton
Vc=	347.45	ton
Vc=	190.47	ton
Vu/Ø=	120.09	ton

**cortante flexion unidireccional**

Vu=	25.25	ton
Vc=	30.72	ton
Vu/Ø=	29.70	ton

**Diseño acero por flexion**

L=	2
n=	0.75
Mu=	8.52 ton*m
Ku=	5.33
ρ=	0.0024
As=	9.661
espaciamiento	0.20 cm

Ø	DIAM	AREA
1/4"	0.64	0.32
3/8"	0.95	0.71
1/2"	1.27	1.27
5/8"	1.59	1.98
3/4"	1.91	2.85
1 "	2.54	5.07

**VIGA DE CIMENTACION**

Mu=	24.01 Ton*m
Vu=	1.02 Ton
b=	0.25 m
d=	0.51 m
Ku=	36.93
ρ=	0.0112
As=	14.299
#barras	5.02

3/4"

5/8"

ok

ok

ok

ok

**DISEÑO DE UNA ZAPATA CONECTADA PARA COLUMNAS**

**ZAP L.P. Eje 4-A**

Pd=	38	ton
Ppzap=	2.2175	ton
Pl=	6.35	ton
Pu=	73.19	ton
Mu=	2.37	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1.2	m
L=	1.5	m
A=	1.8	m <sup>2</sup>
e=	0.475	
σ1=	83.340	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste traccione	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificacion d=	0.4	m
del proyecto d=	0.4	m

ok

ok

l=	3.9	
R1=	53.03	83.34
σ1=	29.46	

**ZAP CONTRAPESO**

Pd=	43.45	ton
Ppzap=	2.866	ton
Pl=	13.87	ton
Pu=	61.98	ton
Mu=	3.72	ton*m
ac=	0.5	m
tc=	0.25	m
B=	1	m
L=	2	m
A=	2	m <sup>2</sup>
e=	0.375	
σ1=	68.574	ton/m <sup>2</sup>
σ2=	no resiste tracc	ton/m <sup>2</sup>
σt=	30.300	ton/m <sup>2</sup>
hz=	0.5	m
f'c=	210	kg/cm <sup>2</sup>
fy=	4200	kg/cm <sup>2</sup>
de la verificacion d=	0.4	m
del proyecto d=	0.4	m

de la verificacion d= 0.4 m  
del proyecto d= 0.4 m

l=	3.9	
R2=	54.99	68.57
σ2=	27.49	

**cortante por punzonamiento**

Vu=	101.259	ton
β=	2.00	
α=	40	
bo=	310	cm
Vc=	190.47	ton
Vc=	347.45	ton
Vc=	190.47	ton
Vu/Ø=	119.13	

ok

**cortante flexion unidireccional**

Vu=	8.33	ton
Vc=	30.72	ton
Vu/Ø=	9.80	

ok

**Diseño acero por flexion**

L=	1.5	
n=	0.5	
Mu=	3.79	ton*m
Ku=	2.37	
ρ=	0.0024	
As=	9.661	
espaciamiento	0.20	cm

5/8

**VIGA DE CIMENTACION**

Mu=	34.77	Ton*m
Vu=	1.01	Ton
b=	0.25	m
d=	0.61	m
Ku=	37.37	
ρ=	0.0114	
As=	17.408	
#barras	6.11	

3/4

Ø	DIAM	AREA
1/4	0.64	0.32
3/8	0.95	0.71
1/2	1.27	1.27
5/8	1.59	1.98
3/4	1.91	2.85
1	2.54	5.07