



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN DEL MERCADO
MODELO VILLAS DE ANCÓN DISTRITO DE ANCÓN**

PRESENTADA POR

ARMANDO NEMESIO PAJUELO BARRERA

ASESOR

GONZALO RAMCES FANO MIRANDA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN DEL
MERCADO MODELO VILLAS DE ANCÓN
DISTRITO DE ANCÓN**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

PAJUELO BARRERA, ARMANDO NEMESIO

LIMA – PERÚ

2018

Dedico en primer lugar A Dios por la fortaleza recibida para alcanzar mi meta profesional, de igual manera a mi familia.

Agradezco a la Universidad de San Martín de Porres por la educación que me brindó; a los asesores y maestros por sus conocimientos. A mi esposa e hijo que me acompañaron y motivaron a seguir adelante en el transcurso de la carrera.

ÍNDICE

| | Página |
|---|---------------|
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| INTRODUCCIÓN | xiv |
| CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 1.1 Situación problemática | 1 |
| 1.2 Definición del problema | 4 |
| 1.3 Formulación del problema | 4 |
| 1.4 Objetivo: general y específicos | 5 |
| 1.5 Justificación e importancia | 5 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 Antecedentes de investigación | 8 |
| 2.2 Bases teóricas | 10 |
| 2.3 Definición de términos básicos | 43 |
| CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES | |
| 3.1 Hipótesis y variables | 45 |
| CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA | |
| 4.1 Diseño metodológico | 48 |
| 4.2 Técnica de recolección de datos | 51 |
| 4.3 Técnica estadística para el procesamiento de la información | 52 |
| 4.4 Diseño muestral | 53 |

| | | |
|-------------------------------|-------------------------------|----|
| 4.5 | Prueba de hipótesis | 53 |
| 4.6 | Aspectos éticos | 53 |
| CAPÍTULO V. RESULTADOS | | |
| 5.1 | Contrastación de hipótesis | 56 |
| 5.2 | Resultado de la investigación | 58 |
| CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN | | |
| 6.1 | Discusión | 81 |
| CONCLUSIONES | | 82 |
| RECOMENDACIONES | | 83 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN | | 84 |
| ANEXOS | | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1 Estructura de suelos arcillosos | 13 |
| Figura 2 Formación del suelo lacustre (Sedimentario) | 15 |
| Figura 3 Proceso de formación y densidad de los suelos residuales y sedimentario | 16 |
| Figura 4 Distribución fundamental entre una cimentación superficial y una cimentación profunda | 18 |
| Figura 5 Principal tipo de cimentación superficial | 20 |
| Figura 6 Principales tipos de cimentaciones profundas | 21 |
| Figura 7 Columnas de arena o gravas bajo una zapata | 22 |
| Figura 8 Cimentación compensada (caja monolítica) | 22 |
| Figura 9 Factores considerados para el cálculo de capacidad de carga | 25 |
| Figura 10 Falla por corte general | 26 |
| Figura 11 Falla por corte local | 27 |
| Figura 12 Falla por punzonamiento | 27 |
| Figura 13 Flujo plástico en un sólido cohesivo semi-infinito sin peso a la sobrecarga uniformemente distribuida aplicada | 28 |
| Figura 14 Mecanismo de falla adoptado para la fórmula de capacidad portante última de <i>Terzaghi</i> . | 29 |

| | |
|---|----|
| Figura 15 a) Cimentación Superficial con base rugosa Las ecuaciones de <i>Terzaghi y Hansen</i> desprecian el corte a lo largo de cd; b) Interacción suelo-cimiento para las ecuaciones de capacidad portante para cimientos corridos | 35 |
| Figura 16 Campos de líneas de deslizamiento para una fundación continua rugosa | 36 |
| Figura 17 Carga aplicada inclinada y excéntrica | 39 |
| Figura 18 Problema de capacidad portante de cimentaciones superficiales | 40 |
| Figura 19 Ubicación del predio | 49 |
| Figura 20 Localización de predio (anexo 8) | 49 |
| Figura 21 Diseño arquitectónico primer piso (Anexo 8) | 50 |
| Figura 22 Diseño arquitectónico segundo, tercero y cuarto piso (anexo 8) | 50 |
| Figura 23 Factor de capacidad portante última para diferentes métodos | 54 |
| Figura 24 Mapa geológico (Anexo 8) | 58 |
| Figura 25 Mapa de zonas sísmicas | 61 |
| Figura 26 Mapa de distribución de máxima intensidad | 62 |
| Figura 27 Parámetro sísmico | 63 |
| Figura 28 Clasificación de suelos | 64 |
| Figura 29 Ensayo de corte directo | 65 |
| Figura 30 Ensayo químico | 65 |
| Figura 31 Parámetros de químicos | 66 |
| Figura 32 Parámetros de resistencia 1.0 m | 67 |
| Figura 33 Resumen de cálculo de Capacidad portante por resistencia Zapata de 1.0x1.0m ² | 67 |
| Figura 34 Resumen de los métodos 1.0 m | 68 |
| Figura 35 Parámetros de resistencia 1.50m | 68 |

| | |
|--|----|
| Figura 36 Resumen cálculo de Capacidad portante por resistencia Zapata de 1.50x1.50 m ² | 69 |
| Figura 37 Resumen de los métodos 1.50 m | 69 |
| Figura 38 Parámetros de resistencia 2.00x2.00 m ² | 70 |
| Figura 39 Resumen cálculo de Capacidad portante por resistencia Zapata de 2.00 x 2.00m ² | 70 |
| Figura 40 Resumen de los métodos 2.00 m | 70 |
| Figura 41 Parámetros de resistencia 2.50x2.50 m ² | 71 |
| Figura 42 Resumen cálculo de Capacidad portante por resistencia Zapata de 2.50x2.50m ² | 71 |
| Figura 43 Resumen de los métodos 2.50 m | 72 |
| Figura 44 Parámetros de resistencia 3.00x3.00m ² | 72 |
| Figura 45 Resumen cálculo de Capacidad portante por resistencia Zapata de 3.00x3.00m ² | 73 |
| Figura 46 Resumen de los métodos 3.00 m | 73 |
| Figura 47 Parámetros de resistencia 5.00x5.00m ² | 74 |
| Figura 48 Resumen cálculo de Capacidad Portante por resistencia Zapata de 5.00x5.00m ² | 74 |
| Figura 49 Resumen de los métodos 5.00 m | 74 |
| Figura 50 Análisis estructural | 75 |
| Figura 51 Modelamiento de la cimentación en SAFE2014 | 76 |
| Figura 52 Esfuerzos actuantes en la cimentación en SAFE2014 | 77 |
| Figura 53 Esfuerzos actuantes en la cimentación en SAFE2014 | 78 |
| Figura 54 Esfuerzos actuantes en la cimentación en SAFE2014 | 79 |
| Figura 55 Esfuerzos actuantes en la cimentación en | 80 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla 1 Tipo de cimentación | 23 |
| Tabla 2 Coeficiente de empuje pasivo para la ecuación de <i>Terzaghi</i> | 30 |
| Tabla 3 Factores de capacidad de carga de <i>Terzaghi</i> | 30 |
| Tabla 4 Factores de capacidad de carga modificados por falla por corte local | 33 |
| Tabla 5 Factor de seguridad para capacidad portante de suelos | 45 |
| Tabla 6 Clasificación de los perfiles del suelo | 87 |
| Tabla 7 Perfiles de suelo | 87 |
| Tabla 8 Factor “S” por tipo de perfil de suelo | 87 |
| Tabla 9 Periodo “TP” y “TL” por tipo de perfil de suelo | 88 |

LISTA DE SIMBOLOGÍAS

| | |
|---|--|
| B | = Ancho del cimiento |
| C | = Cohesión |
| C' | = Cohesión efectiva |
| C_c | = Coeficiente o índice de compresión |
| C | = Coeficientes o índice de expansión, hincado. |
| D_f | = Profundidad de desplante |
| e | = Relación de vacíos |
| E_u | = Módulo elástico no drenado del suelo |
| F_s | = Factor de seguridad |
| H_o | = Altura inicial de la capa o estrato de suelo |
| L | = Longitud de cimiento |
| N_c, N_q, N_γ | = Factor s e capacidad portante o de carga |
| a_v | = Coeficiente de compresibilidad |
| N_c' , N_q' , N_γ' | = Factor capacidad portante modificada por falla por corte local |
| q | = Sobrecarga del suelo sobre la base del cimiento |
| Q_u | = Carga o fuerza última aplicable |
| S | = Asentamiento de terreno |
| q_u | = Capacidad de carga última o capacidad portante ultima |
| S_c, S_q, S_γ | = Factor de forma |
| i_c, i_q, i_γ | = Factor de inclinación de carga |
| d_c, d_q, d_γ | = Factores de profundidad |
| g_c, g_q, g_γ | = Factor de inclinación |

| | |
|----------------|---|
| q_{adm} | = Capacidad de carga admisible |
| σ | = Esfuerzo normal a la superficie de falla |
| σ_0' | = Esfuerzo efectivo inicial |
| σ_{vo}' | = Esfuerzo vertical efectivo final |
| φ | = Ángulo de fricción o ángulo de fricción interna |
| φ' | = Ángulo de fricción interna efectiva |
| γ | = Peso unitario del suelo |
| τ | = Esfuerzo cortante en el suelo |
| ν | = Módulo de <i>Poisso</i> |

RESUMEN

La presente investigación Diseño geotécnico de la cimentación del mercado modelo Villas de Ancón, distrito de Ancón, comprende un área de 8,065.13 m² y un proyecto de 4 niveles. Debido a los antecedentes históricos del lugar y la estimación de riesgos, como sismos y tsunamis de licuefacción de los suelos granulares saturados por presencias de depósitos de arenas originan inestabilidad para las edificaciones. El estudio geotécnico basado en la mecánica de suelos para fines de cimentación se ha requerido una etapa de exploración del suelo, obteniendo los datos necesarios para determinar la mejor alternativa de cimentación, que ofrezca durabilidad y estabilidad a las estructuras.

Todo ello se desarrolló con el propósito de diseñar una cimentación adecuada para la edificación del mercado modelo en el distrito de Ancón; se realizaron seis pozos a cielo abierto entre 3.60 m a 4.00m de profundidad, con el objetivo de detallar la estratigrafía superficial, la profundidad de desplante, la capacidad portante admisible y los asientos. Se utilizó la metodología de investigación cuantitativa, descriptiva y diseño de investigación experimental. Es así que se obtuvo como resultado una estratigrafía de arena mal graduada(SP), con capacidad portante de 216.26 KN/m² (2.21kg/cm²) que no presentan sales agresivas.

Palabra clave: Diseño geotécnico para la cimentación de la edificación del mercado modelo Villas de Ancón. Distrito de Ancón.

ABSTRACT

The current research, Geotechnical Design of the of the foundations of the Model Market Villas de Ancon, district of Ancon comprises an area of 8,065.13 m² and it is a project of 4 levels. The land where this project will take place presents instability because of the historical antecedents of the place and the estimated risks such as earthquakes and tidal waves of liquefaction in the granular saturated due to the presence of deposits of sand. The geotechnical instability for the buildings. The geotechnical study based on the mechanic of the lands for the aims of the foundations required some time for land exploration, and from it, the necessary data were obtained to determine the best foundation alternative, one that offers and durability to the structures.

All the above mentioned procedures were developed in order to design the adequate foundations for the construction of model market. To achieve it, 6 open-pits between 3.60 and 4.00 m depth were conducted, with the objective of detailing the surface stratigraphy, the depth of the grading, the admissible bearing capacity and the seats. The methodology of quantitative, descriptive and experimental research design was used. Thus, a stratigraphy of poorly graded sand(sp) was obtained, with a carrying capacity of 216.26 KN/m² (2.21 Kg /Cm²) which do not present aggressive salts.

Keywords: Geotechnical design, foundation, market, structure.

INTRODUCCIÓN

Las construcciones han evolucionado en el tiempo a consecuencia de estudios y nuevas herramientas ha permitido llegar a respuestas más precisas y representativas del comportamiento estructural de los edificios, mediante los estudios geotécnicos y los diseños de cimentaciones que se venían proponiendo. Actualmente la municipalidad Distrital de Ancón no posee ningún plan estratégico para la zonificación urbana en la asociación popular Las Lomas de Ancón. Este lugar cuenta con una extensión de 2'260,466.47 m², una población de 20,970 habitantes(estimado) y un número de 7,000 viviendas. Similar a ello se encuentra la Asociación Popular Villamar de Ancón con un área de 2'112,092.82 m² y la Asociación Popular la Variante de Ancón con un área de 993,649.68 m². Ambas son áreas no zonificadas con similares extensiones y situación que la asociación primera mencionada.

Mediante esta investigación se realizó el diseño Geotécnico para la cimentación del mercado modelo Villas de Ancón, ubicado en la Asociación Popular las Lomas de Ancón, del distrito de Ancón, realizando calicatas a cielo abierto, según la Norma E-050 de suelos y cimientos. Esta consistió en realizar inspección técnica del terreno, ensayos de campo, muestreo de suelo y evaluación en laboratorio, dando a conocer la caracterización del tipo de material y las condiciones físicas del terreno de fundación; determinando los parámetros de resistencia y asientos para luego proponer el diseño de cimentación.

La tesis presenta una estructura de seis capítulos. Capítulo N°1: Planteamiento del problema: se define la situación del problema, formulación, objetivos y sus justificaciones dando una posible conclusión. Capítulo N°2:

Marco teórico: se desarrolla los antecedentes de tesis elaboradas con referencia al tema a investigar; se presentan las bases teóricas y definiciones de términos básicos. En el capítulo N°3: Hipótesis y variables, se determina la hipótesis planteada según los problemas presentados. Se estableció las variables independientes y dependientes, mostrando un resumen en la matriz de consistencia. En el capítulo N°4: Metodología: se desarrolló el diseño de la investigación, técnicas de recolección de datos, técnicas de estadísticas para el procesamiento y el diseño. En el capítulo N°5: se explica la presentación de resultados, contrastación de las hipótesis y la interpretación del caso de investigación. En el capítulo N°6: es la parte final de la investigación en que se realiza la discusión de los resultados y la aplicación de las normas técnicas. Por último, las Conclusiones, Recomendaciones y Fuentes de información.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

El crecimiento urbano y la falta de planificación urbana han ocasionado el inadecuado uso del suelo, afectando al medio ambiente y la desidia de las autoridades en Ancón, se detectan la carencia de infraestructura sin cumplir los parámetros normativos establecidos por el reglamento nacional de edificación. Las construcciones en general, por más económicas y sociales que sean, deben ser siempre seguras y durables. Efectuada una evaluación en la Asociación Popular las Lomas, se ha observado que la construcción de viviendas tiene poco tiempo de servicio y ya se tienen serios indicios de deterioro, que se considera necesario conocerlos para poder sugerir su corrección, protección o alguna otra medida que beneficie.

Es necesario estar informado de las características geológicas que presenta la zona, ya que según el mapa geológico *Ingemmet* (2018) describe materiales provenientes de aluviones que en su totalidad son arena. Hay presencia de pozos sépticos por cada vivienda, ya que no cuentan con agua y saneamiento en la zona con un área de 2'260,466.47 m², una población 20,970 habitantes (estimado) y donde el grado de incidencia por contaminaciones químicas no sería beneficioso para la cimentación de las edificaciones. La misma conformación de la explanación del área construida y la presencia del hombre y sus actividades, las circulaciones de vehículos traerán como consecuencia cambios profundos en la zona.

Con frecuencia los crecimientos acelerados de la población en el distrito de Ancón en lugares inadecuados son poco apropiados, rebasan la capacidad de soporte del ecosistema, causando impactos negativos sobre este y tornándola hostil hacia la presencia humana. Esto sucede tanto en forma espontánea, cuando no existe orientación técnica adecuada, como en forma organizada, cuando se burlan los sistemas de control o estos no son eficientes. Los servicios a la comunidad no son los adecuados para procurar mejorar a su vez las condiciones de vida de la población y lograr su bienestar.

El concepto Desarrollo Urbano Sostenible implica un manejo adecuado en el tiempo, de la interacción infraestructura urbana – medio ambiente. El desarrollo de un asentamiento supone la organización de los elementos urbanos en base a las condiciones naturales del lugar, aprovechando sus características para lograr una distribución espacial armónica, ordenada y segura. El mejor uso de las condiciones naturales favorables para determinadas funciones urbanas y algunas medidas para adecuar condiciones desfavorables susceptibles de ser neutralizadas o mejoradas, son acciones usualmente instrumentadas para el manejo equilibrado de los mecanismos de la planificación.

Las Normas Técnicas de Edificación en el Perú- E-050 (2016) y Reglamento Nacional de Edificaciones (2016), son documentos legales que buscan asegurar un mínimo nivel de confianza para que las estructuras diseñadas sean durables y resistentes que puedan generar la garantía durante su periodo de vida útil. Según el transcurso del tiempo se presentaron diversos estudios, a pesar de muchos avances en la teoría de la cimentación existen vacíos en los conocimientos. Grandes incertidumbres que introducen al diseño de una estructura con respecto a la capacidad de cargas y deformaciones son:

- a) La carga asumida para el diseño, en especial cargas vivas
- b) Las condiciones del suelo
- c) La teoría en la que se basan los cálculos pueden ser seguros o

inadecuados.

- d) La tolerancia de las estructuras a los movimientos diferenciales, pueden ser juzgados o establecidos.
- e) Los problemas de construcción pueden invalidar el diseño

T.W. Lambe (1973) brindó una fuerte defensa de la predicción en la ingeniería geotécnica. Clasificó las predicciones en clase: Clase A-Antes del evento, Clase B-Durante el evento, y Clase C-Después del evento. El profesor *Lambe* fue un defensor de las predicciones Clase A. Las consideró como más útiles que las predicciones Clase B, a pesar de que estaba plenamente consciente de las limitaciones de los datos.

En 1997, se reestructura la Norma Peruana por tercera vez, debido al terremoto de Nazca de noviembre de 1996, donde se observó colegios nuevos seriamente dañados; y el cambio que existió fue la Cortante en la Base, así como también la zonificación sísmica del Perú. En este sismo se comprobó que las deformaciones laterales de los edificios eran mayores que los resultados que se obtenían con los coeficientes de la norma de 1977, por lo que se decidió cambiar la norma.

En el 2001, ocurre el sismo de Ático (Arequipa, Moquegua y Tacna) y se decide hacer algunos ajustes menores a la norma sísmica; se amplifican las fuerzas de sismo por 1.25 (para considerar un sismo amplificado a cargas últimas), lo cual obliga a variar los factores de reducción por ductilidad. (*Piqué, 2007*).

Se sabe que el 70% de las viviendas construidas en Lima, sus construcciones no pasan por un proceso formal, es decir no han gestionado una licencia de construcción, no han sido evaluadas técnicamente, mucho menos cuentan con supervisión. (*Angulo, 2017*).

Los pueblos jóvenes y asentamientos humanos son las formas inadecuadas para adquirir la propiedad de una vivienda en nuestro país; a partir del hecho socio jurídico de las invasiones y la informalidad

urbana, es que se vuelven lugares muy vulnerables al sismo por ser sus construcciones inadecuadas. (Ortiz, 2015) .

1.2 Definición del problema

La Norma Técnica -E-050 suelos y cimentación (2016), define la investigación geotécnica con el fin de diseñar una cimentación adecuada donde propone un determinado tipo. El limitado conocimiento del comportamiento estructural de las edificaciones medianas irregulares en la localidad de la asociación popular las lomas de Ancón, no cuenta con los parámetros urbanísticos y edificatorios.

Las construcciones que corresponden a pobladores de mediana y/o baja condición económica, eligen por su situación viviendas de costo económico; pero, al mismo tiempo duradero y que la ingeniería puede lograr; sin embargo, por muchas razones estas construcciones se descuidan en muchos aspectos técnicos que originan como consecuencia viviendas expuestas a enfermedades para sus ocupantes, con costos significativos, difíciles de asumir por sus propietarios. Estos originan gastos adicionales que pueden ser controlados y/o minimizados. En el estudio se trató de precisar este aspecto.

1.3 Formulación del problema

¿En qué medida incidirá el estudio geotécnico para proponer un tipo de cimentación que se diseñará en el Mercado Modelo Villas de Ancón, ubicado en la asociación Popular las Lomas de Ancón, en el distrito de Ancón?

1.3.1 Problema específico

- a. ¿Qué características geotécnicas se usarán en el diseño del Mercado Modelo Villas de Ancón?
- b. ¿En qué medida se definirá la capacidad portante admisible del suelo con los resultados de los ensayos según los parámetros de corte directo, aplicando al proyecto con respecto a la norma Técnica Peruana E-050 suelos y cimentación 2016?

- c. ¿Qué grado de contaminación por sustancias químicas en el suelo de fundación afectarían a la cimentación del Mercado Modelo?

1.4 Objetivo: general y específicos

Objetivo principal de este estudio es el de investigar las características del suelo existente en el área del proyecto, y dar las recomendaciones que se consideran necesarias para el manejo y tratamiento de los aspectos geotécnicos, de donde se deducirán el tipo de cimentación, profundidad y dimensiones aproximadas del cimiento, teniendo en cuenta los demás aspectos geotécnicos que puedan incidir sobre la estabilidad y seguridad del proyecto a realizar. También de ser necesario, recomendar sobre situaciones que se pueden presentar a nivel geotécnico tanto en la cimentación como en la estructura, para unificar un sistema constructivo adecuado que asegure plenamente la estabilidad, resistencia y durabilidad de la estructura; mitigando problemas geotécnicos presentes o que en un futuro puedan afectar la funcionalidad del mercado modelo.

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la incidencia del estudio geotécnico para proponer un tipo de cimentación que se diseñará en el Mercado Modelo Villas de Ancón, ubicado en la Asociación Popular las Lomas de Ancón, en el distrito de Ancón.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Revisar y analizar las características geotécnicas del suelo por medio de perfiles estratigráficos del terreno en la fundación del Mercado Modelo.
- b. Determinar, la capacidad portante admisible en base a los parámetros de corte directo.
- c. Medir el grado de contaminación por sustancias químicas en el suelo de fundación que afectan a la cimentación del Mercado Modelo.

1.5 Justificación e importancia

La actividad de la construcción está en un crecimiento paulatino, especialmente la de edificaciones medianas irregulares con diferentes

sistemas estructurales que tienen como propósito fundamental el desarrollo y aplicación de la solución de problemas que afecten a la comunidad. Con los resultados obtenidos en este estudio se pretende dar una herramienta eficaz y verdadera para la ejecución.

Otro fin del proyecto está dirigido como propósito fundamental al desarrollo y aplicación de las capacidades del estudiante para hacerlo partícipe en soluciones de problemas que afecten a la comunidad y de tal forma poder completar la formación profesional y personal, así como ofrecer al mismo su experiencia laboral como ingeniero civil.

La cimentación se asigna como base de apoyo suficiente para que la presión de contacto no exceda a la carga admisible. La determinación de la capacidad portante admisible de un suelo no resuelve completamente el problema de las cimentaciones. La presión que provoca las zapatas no quedan localizadas a pocos centímetros bajo la cimentación, se sabe que calcular las compresiones que surgen en la profundidad de un suelo cargado por una zapata se resuelven gracias a las ecuaciones teóricas que en 1885 estableció el matemático francés *Joseph Boussinesq* (Adaptado de *Logeais*, 1984).

1.5.1 Alcances y limitaciones

Esta Investigación establece realizar seis calicatas a cielo abierto según la Norma técnica Peruana E-050 (2016), con la finalidad de sacar muestras que se encuentran en el terreno de fundación, para luego llevarlos al laboratorio y obtener la capacidad portante por corte directo y a partir de ahí realizar el diseño de la cimentación que incidirá para la edificación del mercado modelo.

Para el estudio se propone la platea de cimentación, ya que el terreno en su totalidad es arena producto de un deslizamiento aluvial originado por la cuenca del río Chillón. Cabe mencionar que se obtuvo tres muestras por cada calicata haciendo un total de 18 muestras en el terreno de fundación del mercado para su edificación según la categoría y uso que se estipula en la norma.

Al realizar el estudio geotécnico y topográfico del mercado modelo se ejecutó el diseño del tipo de cimentación, teniendo como alcance los planos de arquitectura desarrollados según Norma GE. 020 Norma E- 050 suelos y cimentaciones (2016). Los factores económicos debido a la carencia de recursos de la administración municipal limitan y determinan la realización de los estudios necesarios de un estudio Geotécnico.

1.5.2 Viabilidad

La existencia de información importante publicada en libros, tesis elaboradas cuyos títulos se relacionan con el tema de la investigación hace de que pueda ser viable. El apoyo de especialistas o conocedores acerca de la Norma E- 050 suelos y cimientos (2016) sus funcionalidades en edificios son confiables. Por ser una investigación netamente experimental cuantitativa, las facilidades de recursos económicos para la realización de esta Investigación no son de mayor envergadura, por lo que la labor principal es realizar seis calicatas a cielo abierto aplicando la Norma E- 050 suelos y cimientos (2016). La obtención de estas muestras se llevará al laboratorio y luego con la ayuda de algunos programas se obtendrán los datos estadísticos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Los antecedentes de investigación que se pudieron recopilar para esta tesis son:

Briaud & Gibbens (1999) presentaron resultados de ensayos de cargas sobre zapatas cuadradas de 1.0 x 1.0m, 1.5 x 1.5m, 2.5 x 2.5 y 3.0 x 3.0m, todos con 1.5 m de altura (espesor) y con 0.75m de profundidad de cimentación en una arena silíceo fina limosa, en el campo nacional de Experimentación Geotécnica en la *Texas A&M University*. Analizaron tres ítems relacionados a los ensayos realizados: deformaciones del ensayo como función del tiempo, el desplazamiento vertical a la masa del suelo como función de la profundidad debajo del centro de zapata; y el desplazamiento horizontal de la masa del suelo con función de la profundidad y extensión lateral próximo al borde de la zapata. Además, compararon los resultados obtenidos con lo predicho mediante seis métodos de capacidad de carga y doce métodos para el caso de asentamientos.

(Briaud, 2007) propuso un nuevo método basado en la elaboración de una curva carga-asientos a partir del ensayo presiométrico, para aliviar el problema generado por las deficiencias de la fórmula general de capacidad de carga. El método propuesto está basado en datos de 24 ensayos de cargas sobre zapatas reales, simulación numérica (20 cálculos mediante el MEF), y un modelo establecido del efecto del tiempo. Además,

presenta ejemplo de aplicación de este método (cimentación de estribo de puente).

(*Tan & Duncan, 1991*) Evaluaron, mediante la comparación de asientos medidos, doce métodos de estimación de asientos de zapatas sobre arena. Cada uno de ellos fueron evaluados en términos de: 1) exactitud, 2) confiabilidad, y 3) facilidad de uso. Los resultados obtenidos indican que los métodos de cálculo de asentamientos fueron desarrollados para alcanzar diferentes objetivos. Concluyeron que la mayoría de los métodos parecen ser concebidos para obtener la mayor exactitud posible. Además, llegaron a la conclusión de que los métodos de *Terzani y Peck*, y el método de *Hanson y Thornburn*, por otro lado, parecen haber sido concebidos teniendo en mente la confiabilidad máxima. Establecieron además que existe una compensación entre exactitud y confiabilidad. Finalmente, propusieron multiplicar los valores de asientos obtenidos por un factor de corrección.

Duncan (1993) analizó las limitaciones del análisis convencional del asentamiento por consolidaciones. presenta dos casos históricos: el muelle de la isla granjera en la bahía de San Francisco y el aeropuerto internacional de *Kansai* en Japón, que reportaron asientos de 2m y 12 m respectivamente durante el tiempo de vida de diseño. A partir de las experiencias de esos casos históricos que mostraron el valor práctico de estimar los asientos con precisión, se muestran los problemas asociados en la estimación de los asentamientos y su velocidad. Además, menciona que esas y otras experiencias muestran deficiencias importantes en el estado del arte para la predicción de los asentamientos, debido a dificultades de evaluación de presiones, de elecciones de valores y determinar que las capas de arenas incorporadas proporcionarán o no drenaje a las capas de arcillas que se consolidan.

Duncan, concluye que para una predicción exacta o segura de los métodos de los asentamientos y la velocidad con que ellos ocurren requiera de métodos mejorados de anticipación o predicción que tomen en cuenta que las capas de arena pueden proporcionar drenaje, que usen

análisis que tomen en cuenta factores importantes, tales como la variación en cv en la capas de arcilla, el comportamiento tensión-deformación no lineal y los efectos de perfil de deformación no uniforme; e investigar para desarrollar un modelo mejorado de compresibilidad de arcillas que incluyan los efectos de la velocidad de deformación.

2.1 Bases teóricas

2.2.1 Consideraciones generales del diseño Geotécnico para la cimentación

El diseño de cimentación debe tener en cuenta la naturaleza y costo de la estructura, la geología, características y propiedades del terreno, calidad de investigación del subsuelo, cargas durante la vida útil de la estructura, efectos de la construcción propuestas al asentamiento total y diferencial, requisitos de la norma de construcción. Normalmente, aumentará el tamaño del cimiento debido a que el material posee una baja resistencia o rigidez, sin un análisis previ6 o sin considerar las diferentes alternativas de soluci6n.

(Ralph & Peck, 1967) present6 un discurso, en una conferencia, donde puso 6nfasis en los procedimientos anal6ticos mejorados. Consider6 cinco fuentes de error con relaci6n a la capacidad de carga y asentamiento de cimentaciones:

- a) Carga asumida puede ser incorrecta
- b) La condici6n del suelo usado en el dise6o puede diferir de las condiciones actuales del suelo
- c) La teor6a usada en el dise6o puede ser mala o puede no aplicarse
- d) La estructura soportada puede ser m6s o menos tolerante a los movimientos diferenciales y
- e) Puede ocurrir defectos durante la construcci6n

Los problemas encontrados en los dise6os de cimentaci6n es la determinaci6n de capacidad portante del terreno, subyacente bajo la estructura que se proyecta. Por el cual se sigue dos criterios para el c6lculo:

por resistencia y por deformación (asentamientos) aceptables. Ambos criterios se siguen por separado llegando a resultados distintos, debido a la diferencia de modelos aplicados para llegar a las fórmulas y ecuaciones. Se considera una revisión de aplicación de la teoría y práctica relacionado al cálculo y determinación de capacidad de carga admisible del terreno (por resistencia y deformidad) para el cálculo y diseño cimentaciones superficiales, buscando la minimización de la incertidumbre y un procedimiento (método) confiable para determinar la capacidad de carga admisible del suelo del mercado modelo.

Las normas establecen condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento estructural adecuado. Sin embargo, todo diseño de cualquier edificación sin importar cuál sea el uso y la importancia tiene un solo propósito. (*Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018*).

Afirma:

- 1) Evitar pérdidas de vida
- 2) Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- 3) Minimizar los daños a la propiedad

2.2.2 Suelos cohesivos. Arcillas

Los suelos cohesivos, son suelos que poseen características de cohesión plástica. Estos pueden ser granulares con parte de arcilla o limo orgánico, que les importen cohesión y plasticidad o pueden ser arcillas o limo orgánico sin componentes granulares. Las arcillas son agregados o colección de partículas minerales microscópicas o submicroscópicas derivada de la de descomposición química de la roca (*Terzaghi & Peck, 1973*).

El exceso de presión intersticial que se genere en el suelo de cimentación arcilloso se disipa con lentitud, lo cual conlleva un aumento lento del esfuerzo efectivo y por tanto un aumento de la resistencia al corte. Es crítica la estabilización de la cimentación, se presenta al final de la construcción cuando la arcilla no está drenada (*Berry & Reid, 1993*).

Generalmente, cuando más del 50% está formado por partículas de 0.002 mm y menores, el depósito se llama "arcilla", con porcentajes relativos. Cuando del 80% al 90% del material es menor a la malla No.200 (0.075), unas pequeñas cantidades, 5% a 10% de arcilla puede dar suelo cohesivo (*Bowles, 1979*).

Estas arcillas siempre están contaminadas con limos y/o partículas de arena fina, así como también con materiales orgánicos y partículas coloidales (<0.001 mm). Los coloidales son llamados polvo de roca, son subproducto de la abrasión de la roca y no posee propiedades de los minerales arcillosos, (*Bowles, 1979*).

A partir de los estudios de estructura, se hacen estimaciones teóricas o tentativas de las fuerzas interparticulares. Las fuerzas entre partícula parecen originarse a partir de tres diferentes tipos de cargas eléctricas: (*Bowles, 1979*).

- a. Enlace iónico. Diferencia de electrones en las capas exteriores de los átomos que componen la unidad básica del suelo.
- b. Enlaces de *Van der Waals*. enlaces debido a alteraciones en el

número de electrones en cualquier instante a un lado del núcleo atómico.

- c. Otros. Enlaces de hidrógeno y la atracción gravitacional entre dos cuerpos.

Los suelos arcillosos con microscopio electrónico de barrido (SEM) muestra que las partículas individuales de arcillas están agregadas o floculadas en unidades de estructuras submicroscópicas, denominadas dominios (*Domains*) por numerosos y recientes investigadores (*Yong y Sheeran, 1973; Collins y McGown, 1974*). Tales como grietas y fisuras constituyen la estructura del suelo esquema ilustrada en la figura 1. Empleando la técnica del SEM. Esto puede, en parte, explicar el complejo comportamiento de suelos arcillosos, en ingeniería. (*Bowles, 1979*).

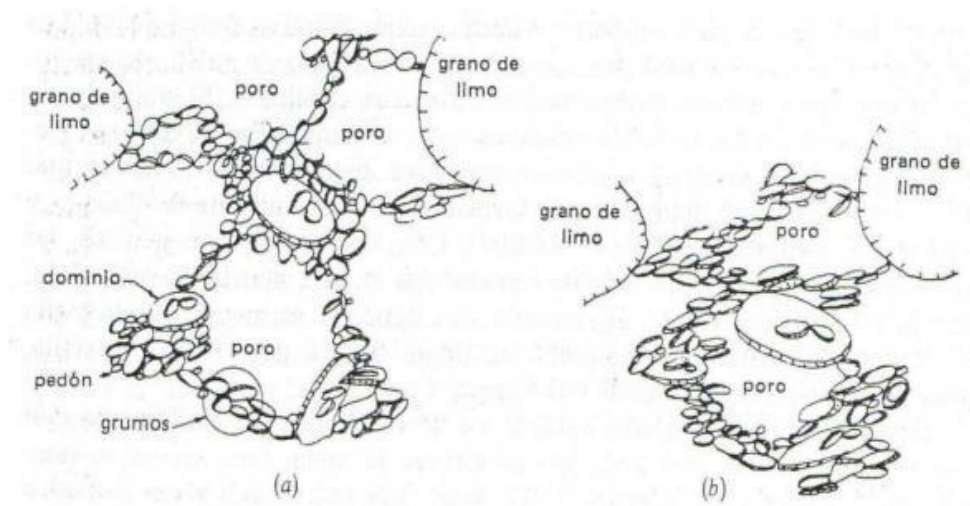


Figura 1. Estructura de suelos arcillosos a) Sedimento poroso, floculado, entremezclado con granos de limo. B) Sedimento después de haber sido sometido a sobrecarga y otras tensiones que han producido una orientación de los dominios, grumo y terrones en estado paralelo Fuente: (*Bowles, 1979*).

2.2.3 Suelos arenosos

Son aquellos que están formados mayormente por arena que son partículas pequeñas de piedra de carácter silicio con un diámetro entre 0,02 y 2 mm, a diferencia de la arcilla cuando está húmeda o mojada. Esta no retiene el agua rápidamente, se hunde a capas más profundas, son suelos secos donde se consideran poca humedad. (*Villaluz, 2004*)

Los suelos arenosos y profundos pueden convertirse en peligrosos si hay problema de consistencia. El principal componente más común de la arena, en ambientes continentales y en las costas no tropicales, es la sílice, generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la composición varía de acuerdo a las características locales de las rocas del área de procedencia. Una parte de la fina arena hallada en los arrecifes de coral, por ejemplo, es caliza molida que ha pasado por la digestión del pez loro.

Según el tipo de roca de la que procede, la arena puede variar mucho en apariencia. Por ejemplo, la arena volcánica es de color negro mientras que la arena de las playas con arrecifes de coral suele ser blanca. La arena es transportada por el viento, también llamada arena eólica, dunas, médanos, etc. En el desierto, la arena es el tipo de sustrato más abundante.

2.2.4 Suelos orgánicos

Estos suelos son con contenidos orgánicos, Existen un gran número de formas de transición hacia los suelos minerales como: lodo arcilloso, arcilla orgánica y sedimentos en llanuras *inundadas* (Hartlen y Wolski, 1996). Estos suelos son acumulaciones de restos de plantas parcialmente descompuestas y desintegradas que fueron fosilizados bajo condiciones de aireación incompleta y alto contenido de agua. Los procesos físicos- químicos y bioquímicos causan estos materiales orgánicos que permanecen en estado de preservación en un largo periodo (Bell, 1978).

2.2.5 Suelos lacustres

Son depósitos de sedimentos finos, su capa de espesor poco variable, dentro de los cuales las propiedades plásticas y compacidad muestran también poca variación en el sentido horizontal del depósito. Debido a su baja compacidad, presentan baja resistencia y alta compresibilidad como materiales de cimentación. Los suelos lacustres del valle de México son un ejemplo de depósitos de arcillas coloidales, blandas, de alta compresibilidad y de gran profundidad, que son capaces de generar grandes asentamientos de las cimentaciones construidas sobre ellas (Adaptado de Tamez, 2001)

Su proceso físico y químico directo convierten las rocas en suelo. Existen otros procesos que transportan partículas de suelo y los depositan en lagos y océanos. Este proceso es ilustrado en la figura 2. El suelo formado directamente por la descomposición química es llamado suelo residual. De esta forma el suelo puede formar un espesor. Los suelos formados de esta manera son llamados sedimentarios o suelos transportados (Wesley, 2010)

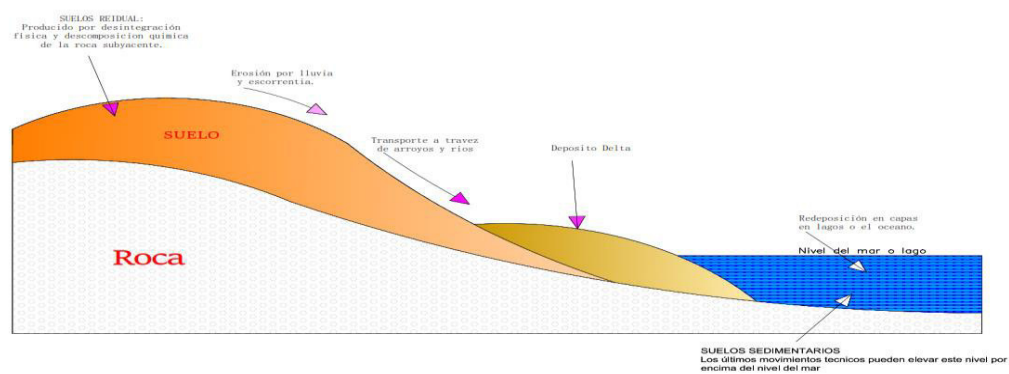


Figura 2. Formación del suelo lacustre (Sedimentario).
Fuente: Wesley, (2009).

Los suelos sedimentarios pasan por varios procesos adicionales desde la composición física y química inicial de la roca y el subsecuente transporte y deposición.

Los suelos blandos corresponden a formaciones recientes, mientras que los suelos densos y con mayor rigidez corresponden a suelos antiguos o con mayor tiempo de formación. (Figura 3)

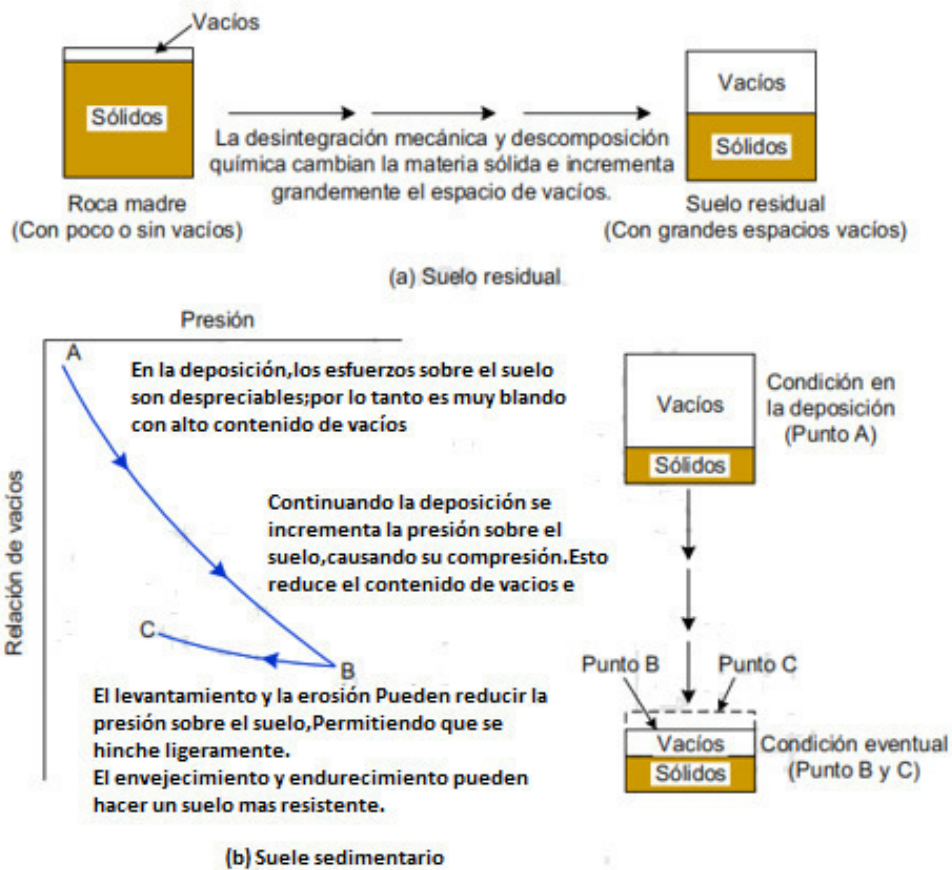


Figura 3. Proceso de formación y densidad de los suelos residuales y sedimentarios
Fuente: Wesley, (2009).

2.2.6 Cimentaciones superficiales

Las estructuras de las edificaciones descansan sobre el terreno de fundación, de alguna manera requiere de cimentaciones superficiales, semiprofundas o profundas, ya que hay una gran cantidad de edificaciones construidas y proyectadas en nuestro medio, donde se apoyan sobre capas superficiales de la corteza terrestre. En esta investigación se realiza un estudio sobre el comportamiento de los suelos que las soportan.

Es conveniente establecer definiciones básicas que ayudan a mejorar el desarrollo del mismo. Considerando el concepto elemental del eje del trabajo de investigación, las cimentaciones superficiales en arena necesitan tener un factor de seguridad adecuado contra la falla por capacidad portante y un asiento aceptable (Reid & Berry, 1993), basado a sus principales funciones y requisitos que se deben cumplir para una buena cimentación.

a) Definición

La cimentación constituye el elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo y que las deformaciones producidas sean admisibles para la estructura. Por tanto, para realizar una correcta cimentación habrá que tener en cuenta las características geotécnicas del suelo y además dimensionar el propio cimiento como elemento de hormigón, de modo que sea suficientemente resistente.

Una buena cimentación debe cumplir:

- a1 El nivel de la cimentación deberá estar a una profundidad tal que se encuentre libre del peligro, cambios de volumen del suelo, capa freática, excavaciones posteriores, etc.
- a2 Tendrá unas dimensiones tales que no superen la capacidad portante del suelo.
- a3 No deberá producir un asiento en el terreno que no sea absorbible por la estructura.

b) Clasificación

La clasificación divide las cimentaciones en dos grupos: **Superficiales:** cuando el nivel de cimentación es inferior a cuatro veces la dimensión menor del cimiento.

Profundas: cuando el nivel es superior a diez veces la dimensión menor. Entre ambos grupos evidentemente hay gran cantidad de casos intermedios. Dentro de las cimentaciones superficiales se encuentran a su vez diferentes tipos de estos que son también la clasificación de las zapatas, según la relación entre sus dimensiones: en rígidas y flexibles.

Partiendo del criterio de Cota (1956) y (Colombo & Colleselli, 1996), consideraron una forma más adecuada de clasificar las cimentaciones

profundas y superficiales. En la cimentación profunda, las presiones que transmiten al suelo son de dos partes por la base y a la fricción lateral del cemento contra el suelo. Mientras las superficiales, la parte debida a la fricción lateral es despreciable en comparación a las profundas (ver figura 4). Tal hecho es consecuencia de la diferencia fundamental entre la relación de las áreas de contacto suelo-cimiento, lateral y horizontal en los dos tipos de cimentaciones en mención.

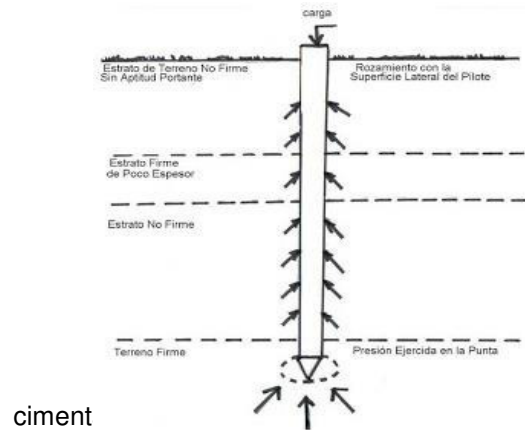
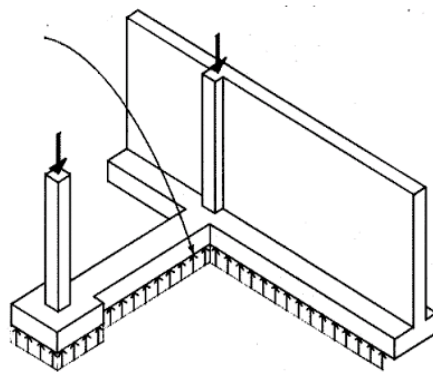


Figura profunda
Fuente: Dearkitectura.blogspot.com

Sin embargo, se debe tener en cuenta que las cimentaciones se clasifican en la profundidad de desplante, localizando la capa resistente del suelo. Según los criterios son muy variados para decidir la clasificación.

- **Terzaghi** (1943) definió la cimentación superficial siendo considerado el ancho de B es igual o mayor que la distancia vertical Df entre la superficie del terreno y la base del cimiento ($Df \leq B$ o $Df/B \geq 1$). Representa el límite de su fórmula de capacidad de carga última.
- Según algunos autores, aunque variando los valores de los límites, la clasificación es:

Cimentación superficiales, si cumple: $\frac{Df}{B} < 4 - 5$

Cimentación semiprofundas, si cumple: $4-5 \leq \frac{Df}{B} \leq 8 - 10$

Cimentación profundas, sí cumple: $\frac{Df}{B} > 8 - 10$

(Ver: Murthy, 2007; Gonzales Caballero, 2001; y otros).

- Una cimentación es considerada como superficial cuando la relación Df/B es baja, y particularmente el cálculo de la cimentación tiene en cuenta la resistencia del suelo debajo del nivel de apoyo. Se considera cimentación profunda cuando $Df/B > 6$ Y $Df > 3m$ (Philipponnat & Hubert, 1997).
- Las cimentaciones superficiales se localizan justo debajo de la parte baja de la superestructura que soporta; las cimentaciones profundas se extienden muy por debajo de la tierra. (Liu & Evett, 2008)
- La cimentación superficial es la que transmite cargas de una edificación a profundidades relativamente cortas, menores a 4 m aproximadamente con respecto de la superficiales naturales de un terreno o de un sótano. Mientras que la cimentación profunda es un elemento de sección transversal pequeña con respecto a su altura y transmite carga de una edificación a profundidades de entre 4 y 40 m aproximadamente. (Garza Vásquez, 2000)

Cimentación superficial

Considerando lo más conocido:

- Zapatas aisladas: soportan cargas provenientes de una sola columna.
- Zapatas conectadas: son los que están juntas mediante la viga de cimentación
- Zapatas combinadas: son las que soportan las cargas provenientes de dos o más columnas
- Losas de cimentación: que soportan las cargas en todas las columnas de la estructura soportada. (ver figura 5)
- De acuerdo con la teoría de Terzaghi (1943), Una cimentación es poco profunda si la profundidad de desplante Df , es menor o igual que el ancho de la cimentación. (Das, 2013).

Cimentación Profunda

Son considerados a los pilotes que soportan toda la carga de las estructuras. Micropilotes que son como pilotes en pequeños diámetros; pilas cuyo funcionamiento es similar a los pilotes con la diferencia que tiene mayor diámetro y cajones que son grandes en diámetro (ver figura 6).

Cimentaciones especiales o híbridas

Son las combinaciones de los elementos comunes de cimentaciones superficiales y las profundas, en combinación con otras soluciones más especializadas como: columnas de grava, inclusiones rígidas, mezcla de suelos, inyecciones, compensaciones, etc. (Ver figura 7 y 8)

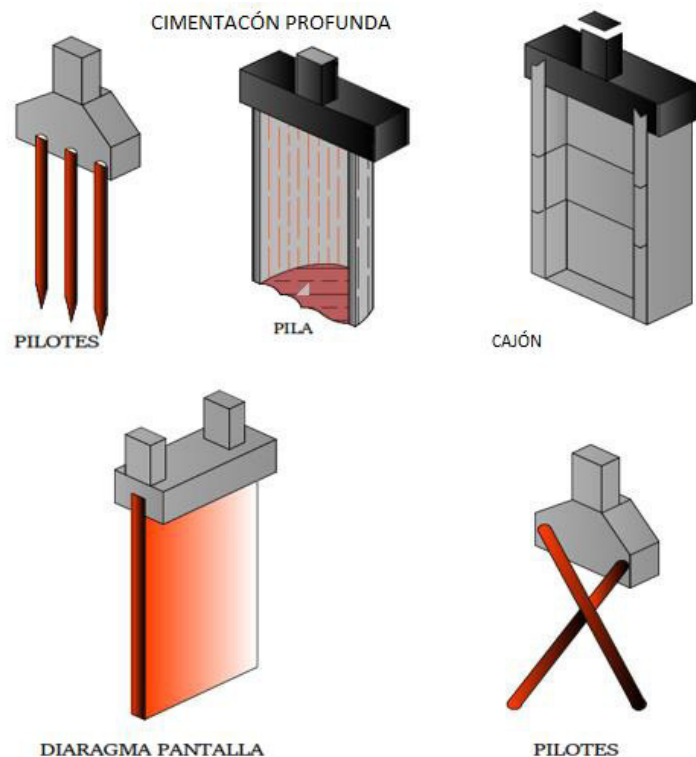


Figura 5. Principal tipo de cimentación superficial
Fuente: Ministerio de Fomento-España, 2009

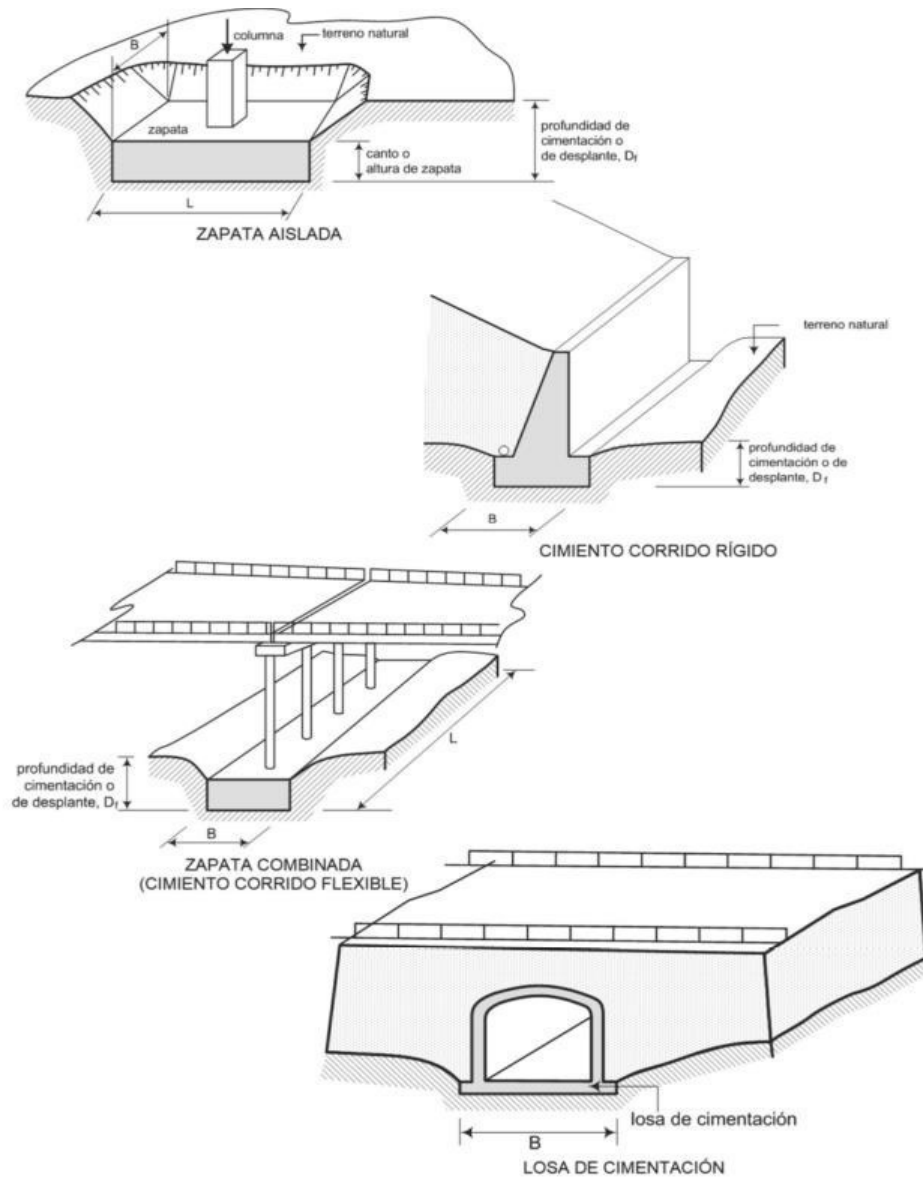


Figura 6. Principales tipos de cimentaciones profundas
Fuente: Ministerio de Fomento-España, 2009

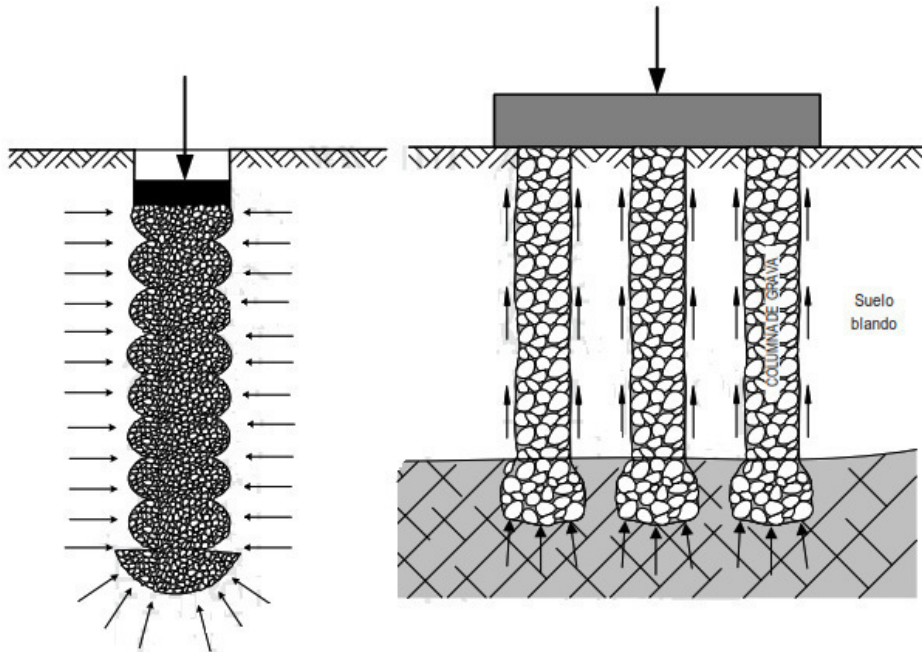


Figura 7. Columnas de arena o gravas bajo una zapata

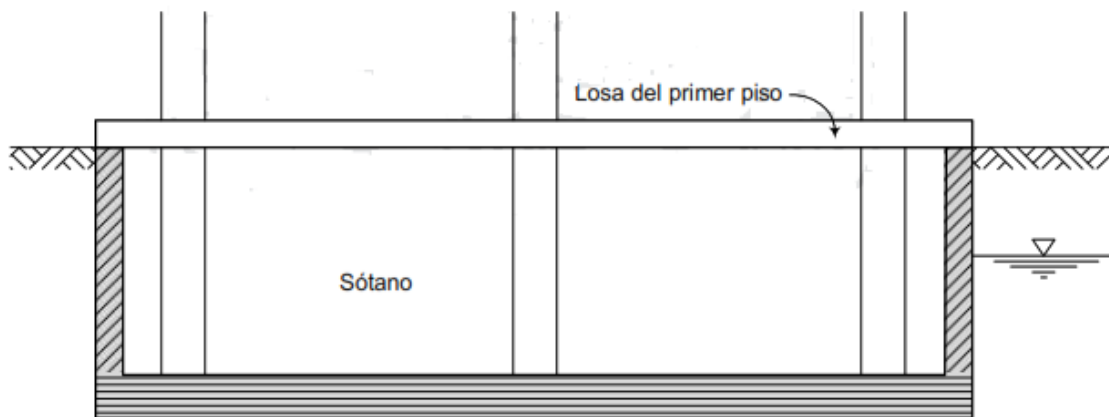


Figura 8. Cimentación compensada (caja monolítica)
Fuente: Zeevaert, 1983

Tabla 1. Tipos de cimentación

| | Tipos Categoría Comunes | Comentarios |
|-----------------------------|-------------------------|--|
| Cimentaciones superficiales | Zapatas aislada | No se encuentra ligada estructuralmente a ninguna otra, debido a que soporta carga de una sola columna según su condición geométrica pueden ser cuadradas, rectangulares o cilíndricas. Se utiliza sobre terreno de buena resistencia. |
| | Zapatas conectadas | Son unidas mediante vigas de cimentación, brindando mayor rigidez al conjunto, en suelos comprensibles o cuando existen cargas horizontales. |
| | Zapatas continuas | Conocidas como zapatas corridas son para cimentar muros portantes, muros de contención o varias columnas alineadas, sirven para controlar asentamientos diferenciales. |
| | Zapatas combinadas | Es un elemento de concreto armado sirve de cimentación para dos o más columnas. Según las acciones y condiciones, pueden ser de forma rectangular o trapezoidal. |
| | Losa de cimentación | Se considera a una zapata combinada que cubre toda el área que queda debajo de una estructura y soporta todas las cargas de muros y columnas. Se usa cuando las cargas son muy pesada o la capacidad del suelo admisible del suelo es baja. |
| Cimentaciones profundas | Pilotes hincados | Los pilotes hincados son esbeltos, hecho de madera, acero o concreto prefabricado, que son hincados en los suelos blandos en grupo o en filas, mediante un equipo de hincado de pilotes como son las máquinas pesadas que tienen un martillo que mediante impacto introduce los pilotes. |
| | Otros tipos de pilotes | Existen varias clases de pilotes tales como pilotes perforados, pilotes de vaciado en sitio y pilotes compuestos. |
| | Pilas | Las pilas son de concreto armado y son vaciados en sitio son de grandes diámetros. Las pilas y la viga de soporte a menudo se usa para cimentaciones sobre suelos expansivos. |
| | Cajones (caissons) | Elementos estructurales para cimentar grandes obras, de gran longitud y peso, también son frecuentemente utilizados para cimentar pilas de puentes para el cauce de los ríos. Esta se va construyendo a medida que se va hundiendo en el terreno. |
| | Micropilotes | Son pilotes pequeños de diámetro considerado entre los 250 a 100mm, y se rellenan con lechada o mortero, después de introducir una armadura. |

Fuente: Tesis de la facultad de Ingeniería geológica de la Universidad Nacional del Altiplano. 2016

2.2.7 Criterio para determinar la capacidad portante admisible

En cimentaciones se denomina capacidad portante al volumen del terreno para soportar cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión de contacto entre el cimiento y el terreno, de tal modo que no se produzcan falla por cortante del suelo o un asentamiento diferencial. El proyecto geotécnico debe cumplir dos requisitos fundamentales (Alonso, 2005).

- Asegurar la estabilidad de la obra: se considera así a la condición de

forma natural al estudio de condiciones de rotura (falla). Asegurar la estabilidad significa situar el proyecto lejos del colapso y esa distancia a la rotura se le denomina factor de seguridad.

- Conseguir que las deformaciones o movimientos en servicio sean aceptables.

Requiere el conocimiento de la rigidez del terreno frente a las cargas y otros cambios en el estado inicial del suelo, como consecuencia de la realización del proyecto. Siendo la capacidad portante de los suelos como:

- **Capacidad de carga límites (qd)**

Conocida como la máxima presión que se puede aplicar a la cimentación, sin que penetre al suelo.

- **Capacidad de carga admisible (qadm)**

Es la carga límite dividida entre un factor de seguridad. Siendo llamado capacidad portante. *Terzaghi* (1943) recomienda que el factor de seguridad debe ser menor que 3.

2.2.8 Generalidades sobre la capacidad portante por resistencia

Sus métodos de cálculos son:

- La forma de cimentación (cuadradas, rectangulares o circulares)
- Inclinação del suelo o cimentación (suelos horizontales, suelos inclinados, borde de talud, cimentación inclinada);
- Geometría y sus propiedades del suelo (suelos cohesivos, suelos heterogéneos u homogéneos, suelos estratificados, suelos granulares);
- La condición de contacto entre el cimiento y el suelo (contacto rugoso, contacto liso);
- Las características de la carga (carga vertical centrada, excéntrica, inclinada);
- La influencia del agua (Presencia de nivel freático)

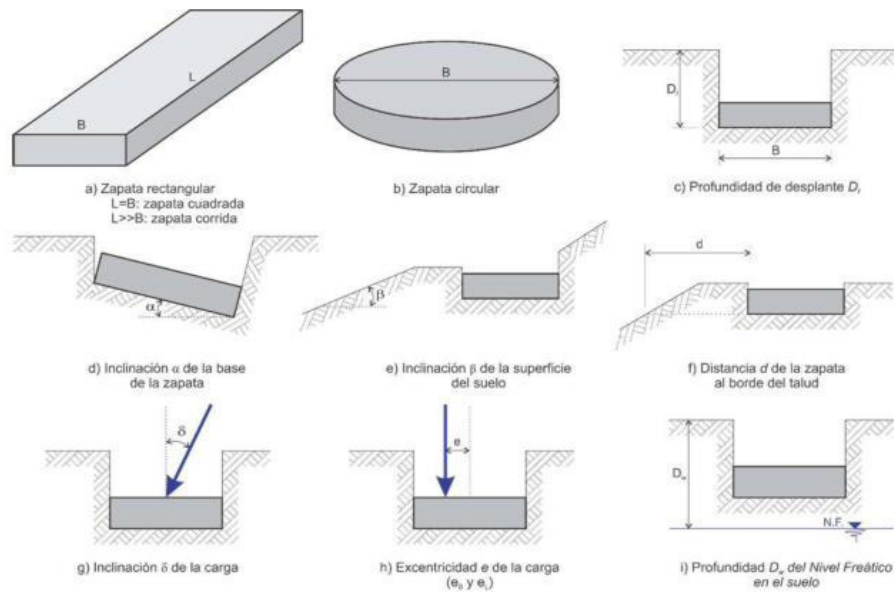


Figura 9. Factores considerados para el cálculo de capacidad de carga
Fuente: Zeevaert, 1983

2.2.9 Criterio de resistencia. Estabilidad del terreno

La descripción del desarrollo de métodos de predicción de la capacidad portante de los suelos, de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio; es decir, utilizando el criterio de *Mohr-Coulomb* son muy antiguos. Podemos remitirnos al intervalo elaborado por *Meyerhof* (1963), que revisa los cálculos de cimentaciones superficiales 20 años después del texto de *Terzaghi* (1943), y el de *Vesic* (1973). *Terzaghi* (1943) por su parte realiza una revisión de las teorías desarrollados a principio del siglo XX.

a) Teoría de *Karl A. Terzaghi* (1943)

El Dr. *Terzaghi* (1943) asume que el mecanismo de falla está formado por bloques, que actúan como cuerpos rígidos, con movimiento diferentes. Desarrolla en base a los estudios de *Prandtl* (1920) para metales, siendo uno de los primeros esfuerzos para que adapte la Mecánica de Medios Continuos (MMC) para describir el comportamiento de los suelos. El impacto en la mecánica de suelos ha sido de tal importancia que es la más difundida y usada para el cálculo de capacidad portante en la práctica para cimentaciones superficiales. Donde la ecuación del suelo con cohesión y fricción:

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (1)$$

a1) Falla por corte general

La falla por corte general involucra una rotura total del suelo adyacente. Hay fallas continuas por corte del suelo desde la base del cimiento hasta la superficie del terreno. Una falla por corte general se produce en suelo incomprensible o en estado rígido como: arcilla dura y arenas densas. (figura 10).

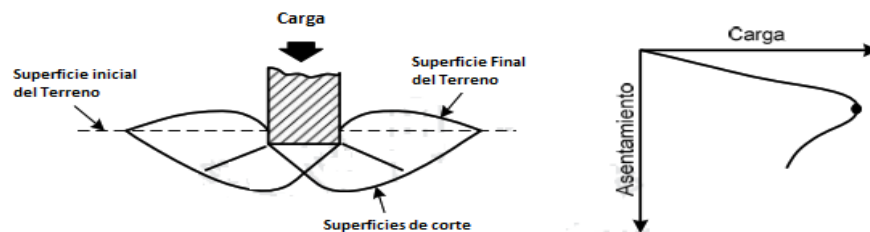


Figura 10. Falla por corte General
Fuente: Vesic, 1973

a2) Falla por corte local

Es la falla considerada en transición entre la falla de corte general y la falla por punzonamiento. Debido a su naturaleza transicional, la capacidad portante puede ser definido como el primer punto no lineal en la curva carga-asentamiento (círculo abierto) o al punto donde el asentamiento cree rápidamente (círculo cerrado). Estos tipos de fallas son las que se producen en suelo de densidad media como: arcilla sensible o blanda y arenas sueltas. (ver figura 11).

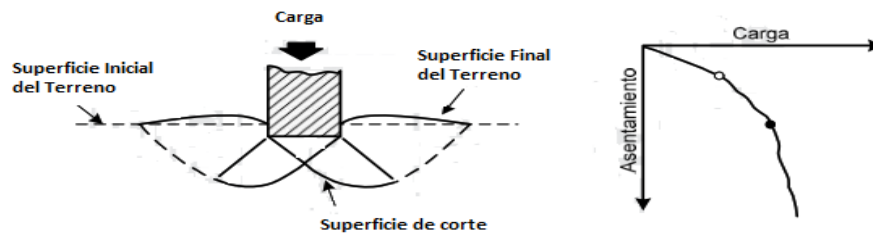


Figura 11. Falla por corte local
Fuente: Vesic, 1973

a3) Falla por Punzonamiento

En falla por punzonamiento, el suelo fuera del área cargada no es afectada y hay movimiento mínimo del suelo en ambos lados del cimiento. La deformación involucra la compresión del suelo debajo del mismo, a la vez, el corte vertical del suelo

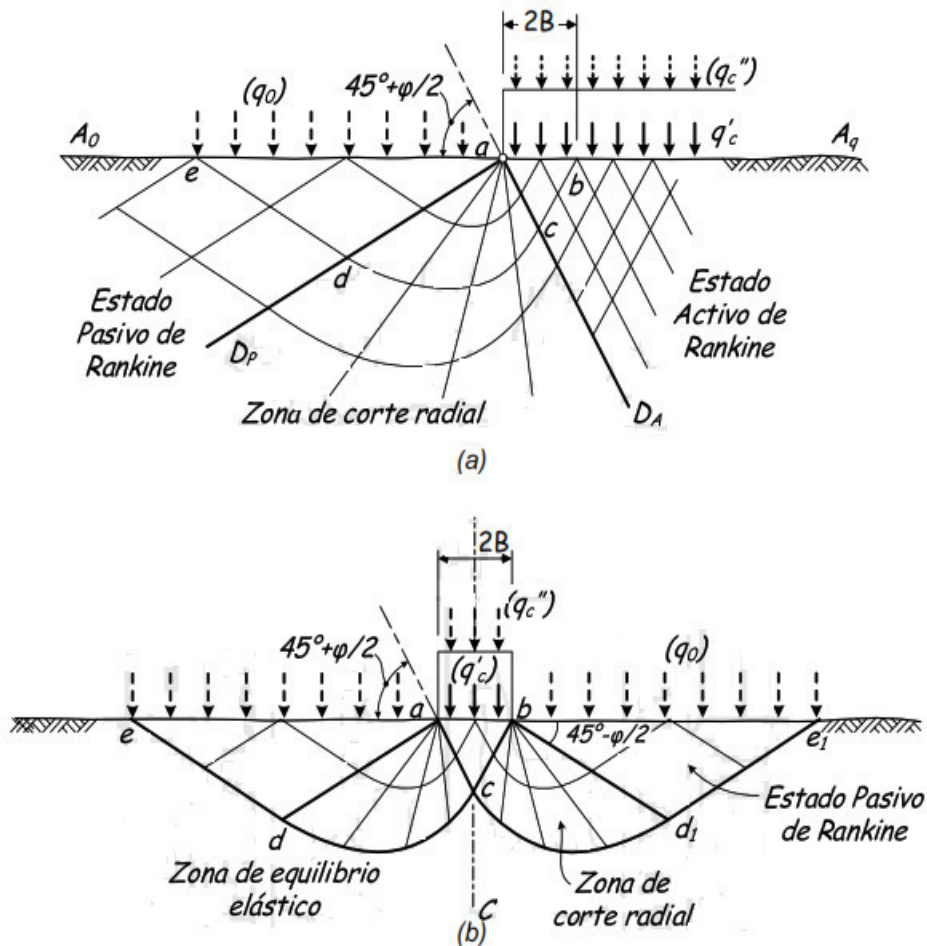


Figura 12. Falla por punzonamiento
Fuente: Vesic, 1973

En las diferencias entre los tipos de fallas, no existe criterio numérico que permitan predecir el tipo de rotura que se presentará, sobre todo para suelos finos, aunque puede decirse que el tipo de falla dependerá de la compresibilidad del suelo en cuanto a las condiciones geométricas de cargas existentes. (ver figura 13).

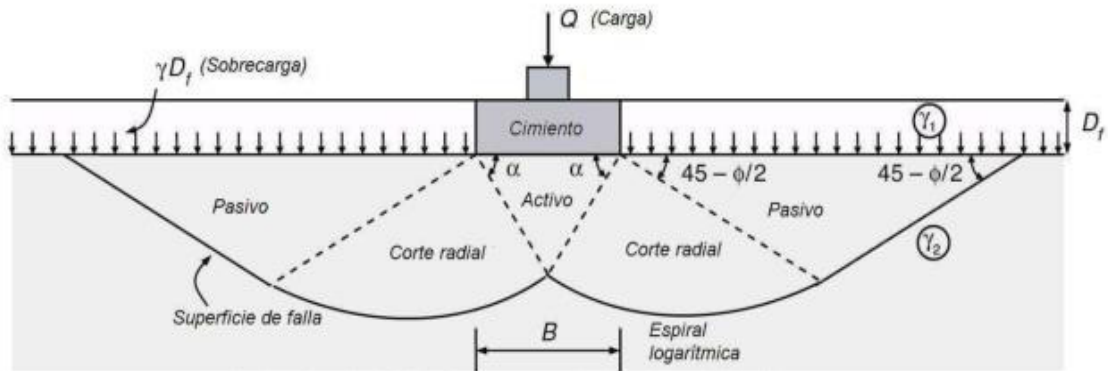


Figura 13. Flujo plástico en un sólido cohesivo semi-infinito sin peso a la sobrecarga uniformemente distribuida aplicada.

- Mitad de la superficie, y
- Franja de longitud infinita

Fuente: Prandtl, 1920, citado por Terzaghi, 1943

Trabajando en líneas similares al análisis de Prandtl (1920), Terzaghi (1943) produjo una fórmula para que admita los efectos de cohesión y fricción entre la base del cimiento y el suelo, y es solo aplicable a cimentaciones superficiales. De esta manera, la primera ecuación general de la capacidad portante última para un cimiento corrido es:

$$q_U = cN_C + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \quad (2)$$

Donde:

C: Cohesión del suelo de fundación

q: Sobrecarga efectiva sobre el nivel de desplate $=\gamma D_f$

B: ancho de cimiento corrido

Γ : Peso específico efectivo del suelo debajo del nivel de desplate

N_C, N_q, N_γ : Factores de la capacidad portante= $f(\phi)$

El escaso rigor de la superposición de diferentes mecanismos de rotura y errores inherentes al considerar valores constantes de los

parámetros de resistencia para cualquier nivel de presiones en cualquier punto de la superficie de rotura, resulta suficiente a efectos prácticos. (ver figura14)

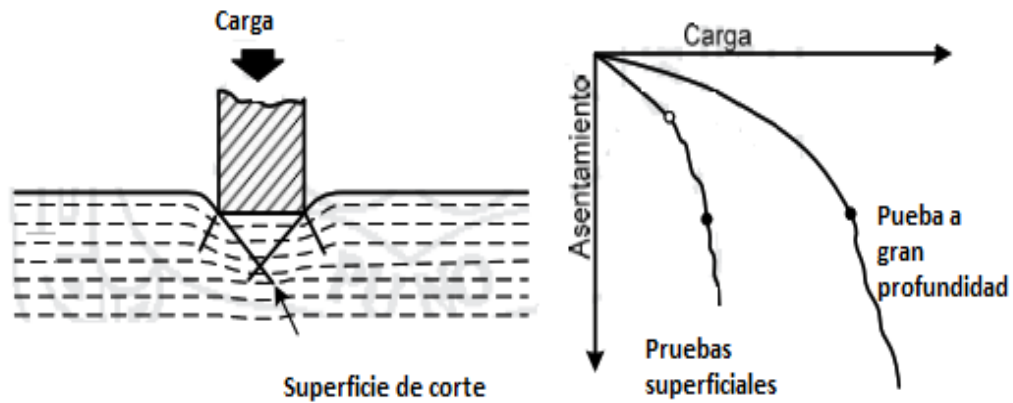


Figura 14. Mecanismo de falla adoptado para la fórmula de capacidad portante última de Terzaghi.

En los factores de la capacidad portante relacionado con la cohesión, sobrecarga y peso del suelo de fundación, respectivamente, tiene las siguientes expresiones:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2}\varphi\right) \tan \varphi}}{2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} m \quad (3)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \tan \varphi \left(\frac{k_{p\gamma}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

Donde $k_{p\gamma}$ es el coeficiente de empuje pasivo para $c=0, q=0, \alpha=180^\circ - \varphi$ y $\delta = \varphi$. Teniendo algunas expresiones aproximadas como:

$$k_{p\gamma} = 3 \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi + 33}{2} \right) \quad (\text{Husain}) \quad (4)$$

$$k_{p\gamma} = (8\varphi'^2 - 4\varphi' + 3.8) \tan^2 \left(60^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) \quad (\text{Aysen}) \quad (5)$$

Datos proporcionados por Bowles (1996) en base a cálculos con

los de *Terzaghi* (1943).

Tabla 2. Coeficiente de empuje pasivo para la ecuación de *Terzaghi*.

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| φ | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| K_{py} | 10.8 | 12.2 | 14.7 | 18.6 | 25.0 | 35.0 | 52.0 | 82.0 | 141.0 | 298.0 | 800.0 |

Fuente: *Bowles, foundation Analysis and Design*, (1996)

Valores de los factores de capacidad de carga para las ecuaciones de *Terzaghi* los que se dan en la tabla 3.

Tabla 3. Factores de capacidad de carga de *Terzaghi*

| φ | N_c | N_q | k_{py} | N_γ |
|-----------|-------|-------|----------|------------|
| 0 | 5.70 | 1.00 | 10.18 | 0.00 |
| 1 | 6.00 | 1.10 | 10.61 | 0.08 |
| 2 | 6.30 | 1.22 | 11.07 | 0.18 |
| 3 | 6.62 | 1.35 | 11.56 | 0.28 |
| 4 | 6.97 | 1.49 | 12.07 | 0.39 |
| 5 | 7.34 | 1.64 | 12.61 | 0.51 |
| 6 | 7.73 | 1.81 | 13.19 | 0.65 |
| 7 | 8.15 | 2.00 | 13.80 | 0.80 |
| 8 | 8.60 | 2.21 | 14.44 | 0.96 |
| 9 | 9.09 | 2.44 | 15.13 | 1.15 |
| 10 | 9.60 | 2.69 | 15.87 | 1.35 |
| 11 | 10.16 | 2.98 | 16.65 | 1.58 |
| 12 | 10.76 | 3.29 | 17.49 | 1.84 |
| 13 | 11.41 | 3.63 | 18.38 | 2.12 |
| 14 | 12.11 | 4.02 | 19.33 | 2.44 |
| 15 | 12.86 | 4.45 | 20.36 | 2.79 |
| 16 | 13.68 | 4.92 | 21.46 | 3.19 |
| 17 | 14.56 | 5.45 | 22.65 | 3.63 |
| 18 | 15.52 | 6.04 | 23.92 | 4.13 |
| 19 | 16.56 | 6.70 | 25.30 | 4.70 |
| 20 | 17.69 | 7.44 | 26.80 | 5.34 |
| 21 | 18.92 | 8.26 | 28.42 | 6.07 |
| 22 | 20.27 | 9.19 | 30.18 | 6.89 |
| 23 | 21.75 | 10.23 | 32.10 | 7.83 |
| 24 | 23.36 | 11.40 | 34.19 | 8.90 |
| 25 | 25.13 | 12.72 | 36.49 | 10.12 |

Fuente: Tesis de la facultad de Ingeniería geológica de la Universidad Nacional del Altiplano. 2016

| φ | N_c | N_q | k_{py} | N_γ |
|-----------|--------|--------|----------|------------|
| 26 | 27.09 | 14.21 | 39.01 | 11.53 |
| 27 | 29.24 | 15.90 | 41.78 | 13.15 |
| 28 | 31.61 | 17.81 | 44.85 | 15.03 |
| 29 | 34.24 | 19.98 | 48.26 | 17.21 |
| 30 | 37.16 | 22.46 | 52.05 | 19.75 |
| 31 | 40.41 | 25.28 | 56.29 | 22.71 |
| 32 | 44.04 | 28.52 | 61.04 | 26.20 |
| 33 | 48.09 | 32.23 | 66.40 | 30.33 |
| 34 | 52.64 | 36.50 | 72.48 | 35.23 |
| 35 | 57.75 | 41.44 | 79.40 | 41.08 |
| 36 | 63.53 | 47.16 | 87.33 | 48.11 |
| 37 | 70.07 | 53.80 | 96.49 | 56.62 |
| 38 | 77.50 | 61.55 | 107.13 | 67.00 |
| 39 | 85.97 | 70.61 | 119.59 | 79.77 |
| 40 | 95.66 | 81.27 | 134.31 | 95.61 |
| 41 | 106.81 | 93.85 | 151.89 | 115.47 |
| 42 | 119.67 | 108.75 | 173.09 | 140.65 |
| 43 | 134.58 | 126.50 | 198.99 | 173.00 |
| 44 | 151.95 | 147.74 | 231.10 | 215.16 |
| 45 | 172.29 | 173.29 | 271.57 | 271.07 |
| 46 | 196.22 | 204.19 | 323.57 | 346.66 |
| 47 | 224.55 | 241.80 | 391.94 | 451.28 |
| 48 | 258.29 | 287.85 | 484.34 | 600.15 |
| 49 | 298.72 | 344.64 | 613.53 | 819.31 |
| 50 | 347.51 | 415.15 | 801.95 | 1155.97 |

Fuente: Tesis de la facultad de Ingeniería geológica de la Universidad Nacional del Altiplano. 2016

En caso de las cimentaciones cuadradas o circulares, no existe teoría, por lo cual el Dr. *Terzaghi* (1943) propuso la modificación de la ecuación (2), basado en los resultados experimentales como son:

- Zapata cuadrada

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (6)$$

- Zapata circular

$$q_U = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \quad (7)$$

Siendo B dimensión del lado de la zapata cuadrada y en la zapata circular B sería el diámetro.

Para cimentaciones que muestren falla por el corte local, *Terzaghi* sugirió modificar las ecuaciones (2), (6), y (7) reduciendo los valores de cohesión y fricción donde quedaría de esta forma la capacidad portante última para falla por corte local. Se estimará mediante:

$$c' = \frac{2}{3}c \quad (8)$$

$$\tan\phi' = \frac{2}{3}\tan\phi \quad (9)$$

$$q_U = \frac{2}{3}cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2}\gamma BN'_\gamma \quad (10)$$

$$q_U = 0.86cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma \quad (11)$$

$$q_U = 0.86cN'_c + qN'_q + 0.3\gamma BN'_\gamma \quad (12)$$

Donde la ecuación 10 es para cimentación corrida, La 11 para cimentación cuadrada y para cimentación circular es la ecuación 12, siendo N'_c, qN'_q y N'_γ . Factores de capacidad de carga modificada y se calcula mediante las ecuaciones (3),reemplazado ϕ por ϕ' de la ecuación (9),cuyos resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Factores de capacidad de carga modificados por falla por corte local

| ϕ | N_c' | N_q' | k_{py}' | N_γ' |
|--------|--------|--------|-----------|-------------|
| 0 | 5.70 | 1.00 | 10.18 | 0.00 |
| 1 | 5.90 | 1.07 | 10.46 | 0.06 |
| 2 | 6.10 | 1.14 | 10.76 | 0.11 |
| 3 | 6.30 | 1.22 | 11.07 | 0.18 |
| 4 | 6.51 | 1.30 | 11.39 | 0.24 |
| 5 | 6.74 | 1.39 | 11.73 | 0.31 |
| 6 | 6.97 | 1.49 | 12.07 | 0.39 |
| 7 | 7.22 | 1.59 | 12.43 | 0.47 |
| 8 | 7.47 | 1.70 | 12.81 | 0.56 |
| 9 | 8.02 | 1.82 | 13.20 | 0.65 |
| 10 | 8.02 | 1.94 | 13.61 | 0.75 |
| 11 | 8.32 | 2.08 | 14.04 | 0.86 |
| 12 | 8.63 | 2.22 | 14.49 | 0.98 |
| 13 | 8.96 | 2.38 | 14.96 | 1.10 |
| 14 | 9.31 | 2.55 | 15.45 | 1.24 |
| 15 | 9.67 | 2.73 | 15.97 | 1.38 |
| 16 | 10.06 | 2.92 | 16.51 | 1.54 |
| 17 | 10.47 | 3.13 | 17.08 | 1.71 |
| 18 | 10.90 | 3.36 | 17.68 | 1.90 |
| 19 | 11.36 | 3.61 | 18.31 | 2.10 |
| 20 | 11.85 | 3.88 | 18.98 | 2.32 |
| 21 | 12.37 | 4.17 | 19.69 | 2.56 |
| 22 | 12.92 | 4.48 | 20.44 | 2.82 |
| 23 | 13.51 | 4.82 | 21.23 | 3.10 |
| 24 | 14.14 | 5.20 | 22.08 | 3.42 |
| 25 | 14.81 | 5.60 | 22.98 | 3.76 |

Fuente: propio en base a los valores de k_{py} de *Husain* (ecuación (4)).

| φ | N_c | N_q | k_{py} | N_γ |
|-----------|-------|-------|----------|------------|
| 26 | 15.53 | 6.05 | 23.94 | 4.14 |
| 27 | 16.30 | 6.54 | 24.96 | 4.56 |
| 28 | 17.13 | 7.07 | 26.06 | 5.02 |
| 29 | 18.03 | 7.66 | 27.24 | 5.54 |
| 30 | 18.99 | 8.31 | 28.50 | 6.11 |
| 31 | 40.41 | 9.03 | 29.87 | 6.74 |
| 32 | 20.03 | 9.82 | 31.34 | 7.45 |
| 33 | 22.39 | 10.69 | 32.93 | 8.25 |
| 34 | 23.72 | 11.67 | 34.66 | 9.14 |
| 35 | 25.18 | 12.75 | 36.54 | 10.15 |
| 36 | 26.77 | 13.97 | 38.60 | 11.30 |
| 37 | 28.51 | 15.32 | 40.85 | 12.60 |
| 38 | 30.42 | 16.85 | 43.32 | 14.08 |
| 39 | 32.53 | 18.56 | 46.05 | 15.78 |
| 40 | 34.87 | 20.50 | 49.07 | 17.74 |
| 41 | 37.87 | 22.70 | 52.42 | 20.00 |
| 42 | 37.45 | 25.21 | 56.17 | 22.63 |
| 43 | 40.33 | 28.06 | 60.38 | 25.71 |
| 44 | 43.53 | 31.34 | 65.13 | 29.33 |
| 45 | 47.13 | 35.11 | 70.51 | 33.62 |
| 46 | 51.17 | 39.48 | 76.65 | 38.72 |
| 47 | 60.91 | 44.54 | 83.72 | 44.86 |
| 48 | 66.80 | 50.46 | 91.90 | 52.30 |
| 49 | 73.55 | 57.41 | 101.45 | 61.40 |
| 50 | 81.31 | 65.60 | 112.70 | 72.63 |

Fuente: propio en base a los valores de k_{py} de *Husain* (ecuación (4)).

b) Teoría de *George Meyerhof* (1951)

Su teoría la capacidad de carga toma en cuenta los esfuerzos cortantes desarrollados en el suelo arriba del nivel de desplante del cimiento. Además, que las cimentaciones pueden tener carga inclinada. La superficie de falla asumida por *Meyerhof* se muestra del lado derecho en la figura 15 a y 15 b.

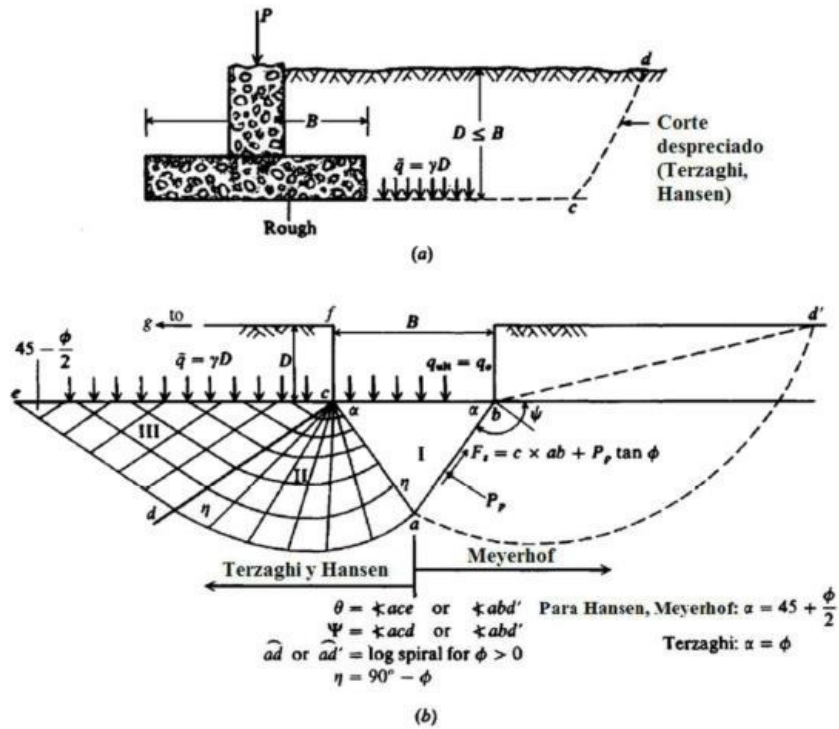


Figura 15. a) Cimentación Superficial con base rugosa. Las ecuaciones de *Terzaghi* y *Hansen* desprecian el corte a lo largo de cd ; b) Interacción suelo-cimiento para las ecuaciones de capacidad portante para cimientos corridos: lado izquierdo para *Terzaghi* (1943), *Hansen* (1970) y lado derecho para *Meyerhof* (1951). Fuente: (*Bowles*, 1996).

El mecanismo de falla de una cimentación superficial está dividido en tres zonas (Ver figura 16) siendo abc la cuña elástica de esfuerzos uniformes y bcd cuña limitada por una curva de espiral logarítmica cd y una zona considerada de esfuerzo cortante radial; y bde zona de corte mixta donde varía entre los límites del corte radial y el corte plano.

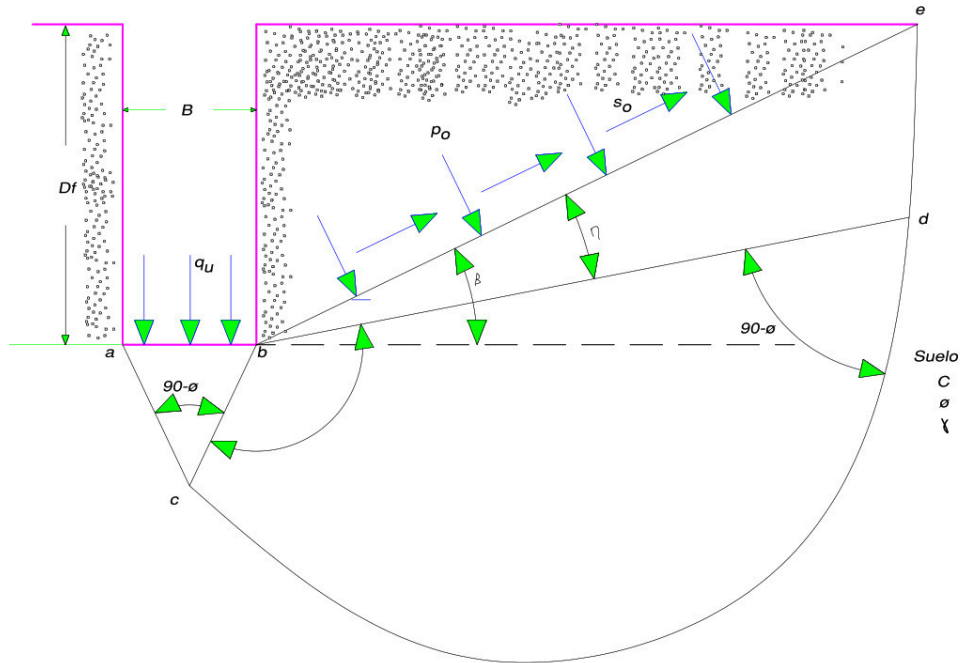


Figura 16. Campos de líneas de deslizamiento para una fundación continua rugosa. Método de *Meyerhof*
Fuente: Das, 2009.

La ecuación usada por *Meyerhof* es por el método de superposición.

$$q_U = cN_c + p_0N_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (13)$$

Estos valores son diferentes a los de *Terzaghi*.

Considerando que $p_0 = \gamma D_f = q$, se tiene la siguiente expresión general para capacidad portante última de *Meyerhof* (1951)

$$q_U = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + 0.5\gamma BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (14)$$

De las expresiones establecidas por *Prandtl* (1920) para N_c , por *Reissner* (1924) para N_q y por el mismo *Meyerhof* (1951), para un valor aproximado de N_γ , estos factores de capacidad portante para cimentación superficial corrida y horizontal sometida a carga vertical SON:

$$\begin{aligned} N_c &= (N_q - 1) \cot \phi \\ N_q &= e^{\pi \tan \phi} N_\phi \\ N_\gamma &= (N_q - 1) \tan(1.4\phi) \end{aligned} \quad (15)$$

$$N \varphi = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$$

Para determinar la capacidad portante última de las cimentaciones circulares y rectangulares de lados B y L, los factores parciales deben multiplicarse por los correspondientes factores de forma, de origen empírico, que son:

$$\begin{aligned} S_c &= 1 + 0.2 \frac{B}{L} N \varphi \\ S_q = S_\gamma &= 1 \quad \text{si } \varphi = 0^\circ \\ S_q = S_\gamma &= 1 + 0.1 \frac{B}{L} N \varphi \quad \text{si } \varphi > 10^\circ \end{aligned} \quad (16)$$

Para la obtención de los ángulos de fricción para cimentaciones rectangulares " φ_r "

$$\varphi_r = \left(1.1 - 0.1 \frac{B}{L}\right) \varphi_t \quad (17)$$

φ_t = Es el ángulo de fricción interna o la resistencia al corte de ensayo de comprensión triaxial. Para calcular los factores de capacidad portante de cimentación superficiales rectangulares deben usarse el valor de φ_r .

c) Teoría de *Jorgen Brinch Hansen* (1961,1970)

Propone una extensión del trabajo de *Meyerhof* denominada ecuación general de capacidad portante. Sus factores de forma y profundidad de formularon entre 1957 y 1961 hasta su versión de 1970. *Hansen* indica que la obtención de factores de forma analíticos requiere una evaluación tridimensional con la teoría de la plasticidad. Resumen las recomendaciones para los cálculos de la capacidad portante última de cimentación superficiales siguiendo el marco general introducido por *Terzaghi* (ecuación 2), con los tres factores de capacidad portante, donde dos de ellos iguales y usados por *Mererhof* (1963):

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \tan \varphi \quad (18)$$

Donde N_γ es un límite inferior calculado por Lundgren y Mortensen (1953), y luego por Odgaard y Christensen. En 1961, Brinch Hansen Propuso una expresión diferente:

$$N_\gamma = 1.8 (N_q - 1) \tan \varphi \quad (19)$$

La capacidad portante de una cimentación inclinada de cualquier forma, el desplante del terreno inclinado y sometido a carga inclinada es igual a:

$$q_U = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma \quad (20)$$

S: Forma

D: Profundidad

I: Inclinación de la carga

B: Inclinación de la base del cimiento

G: inclinación de superficie del terreno

Brinch Hansen dice que teóricamente escribir la ecuación (20) de cimentación sobre suelos cohesivo (donde $\varphi = 0$ pero $N_\gamma = 0$ y una falla no drenada), sería de la siguiente forma:

$$q_U = (\pi + 2) c_u [1 + s_c^a + d_c^a - i_c^a - b_c^a - g_c^a] \quad (21)$$

Para los factores de inclinación de carga, Hansen (1970) recomienda las siguiente formulas aproximadas ($\eta = 0^\circ$, cimiento con base horizontal):

$$i_c^a = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{Aa}}$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5H}{v + Aa \cot \varphi} \right]^5 \quad (22)$$

$$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{0.5H}{v + Aa \cot \phi} \right]^5$$

$$H = Q \cdot \sin \alpha$$

$$V = Q \cdot \cos \alpha$$

(23)

$$A = B' \times L'$$

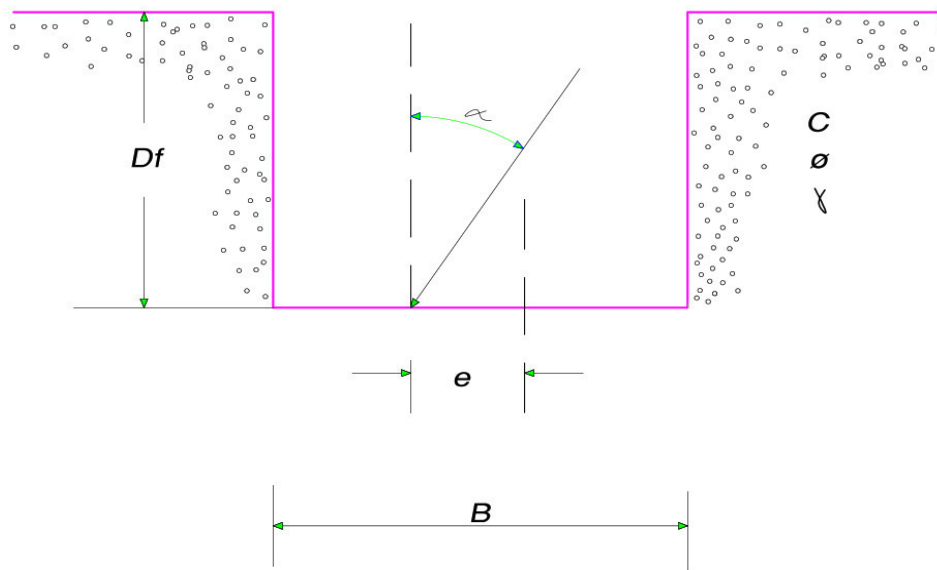


Figura 17. Carga aplicada inclinada y excéntrica
Fuente: Universidad Nacional del Altiplano

Hansen (1970) no dio una expresión para i_c . En 1961, *Hansen* dio la siguiente expresión, también usada por *Vesic*'

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan \phi} = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad (24)$$

d) Teoría de *Aleksandar Sedmak Vesic*' (1973,1975)

Es esencialmente el mismo de *Brinch Hansen* con algunos cambios. Presenta un punto de vistas complementario del desarrollo del análisis de la capacidad portante de cimentaciones superficiales. Recordó que la historia de los primeros trabajos sobre el tema comenzando con *Rankine* en 1857, fueron descritos por *Terzaghi* (1925) en uno de sus primeros tratados a la mecánica de suelos.

Vesic' (1970) Describió el modo de calcular la capacidad portante mediante la superposición con los factores adimensionales N_c y N_q de *Prandtl* (1920) y *Reissner* (1924):

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (25)$$

El factor N_γ , que solo puede evaluarse numéricamente, varía considerablemente con el ángulo φ (ver figura 18). *Vesic'* indica que su valor puede tomarse del análisis realizado y tabulado por *Caquot y Kerisel* (1953) teniendo la hipótesis $\varphi = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$, su aproximación con error del lado de la seguridad (menos del 10% para $15^\circ < \varphi < 45^\circ$ y menos de 5% para $20^\circ < \varphi < 40^\circ$, cuya ecuación:

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \varphi \quad (26)$$

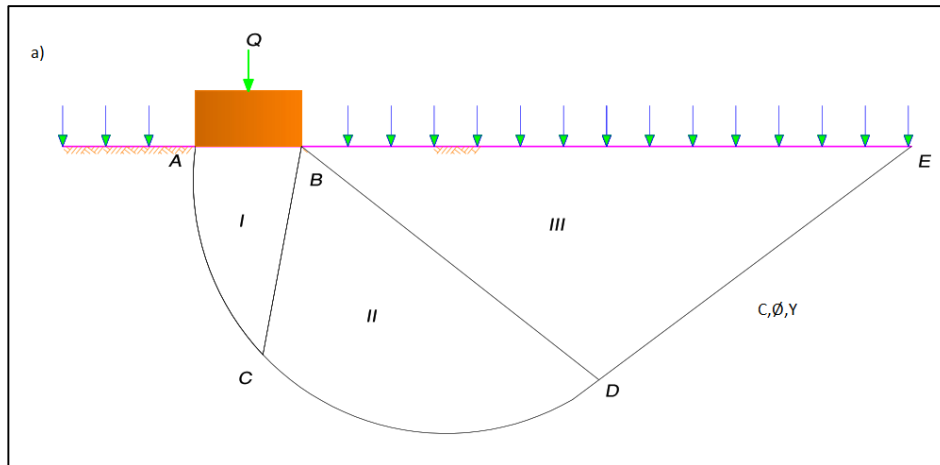


Figura 18. Problema de capacidad portante de cimentaciones superficiales
Fuente: *Vesic'*, 1973

Vesic' (1973) indica que la elección del ángulo de fricción en deformación plana no es necesariamente la mejor solución para aproximarse a los resultados de los cálculos de capacidad portante observados. Propone coeficientes correctores aplicado a cada término de la fórmula de capacidad

portante de Terzaghi (ecuación 2) brindando lo siguiente:

$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{Nq}{Nc} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{Nq}{Nq-1} \tan \phi$$

$$S_q = 1 + \frac{Nq}{Nq} \tan \phi \quad (27)$$

$$N_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.60$$

Vesic' propone el uso de los factores de profundidad

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

$$\frac{B}{D} \leq 1 \quad d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{B}{D} \quad (28)$$

$$d_\gamma = 1$$

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

$$\frac{B}{D} > 1 \quad d_c = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{B}{D} \quad (29)$$

$$d_\gamma = 1$$

2.2.10 Criterio de asentamiento o Deformación del suelo

Cuando el terreno sobre el cual se desplanta una estructura por una capa de arcilla, por lo general se deben tomar precauciones necesarias de evitar que la estructura sufra asentamientos excesivos. Debido a la consolidación gradual de la arcilla es causa de asentamientos, en muchas ocasiones estas son no previstas. Por ello se han elaborado métodos y teorías que permiten estimar la magnitud y distribución de los asentamientos, de tal manera que, si se considera que estos resultan excesivos, se pueda modificar el proyecto de cimentación.

Para esta investigación solo se hará un resumen debido a que

las presencias de arcilla son de muy baja proporción, ya que la presencia geológica es de fuentes aluviales de lomas de arenas (ver anexo 8 de planos).

Criterio de diseño:

- Asentamiento uniforme
- Inclinación
- Asentamiento no-uniforme

Ecuación para cálculo de asentamiento

$$\Delta Z = \frac{Q(1+U)}{2\pi cZE \left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]} \times \left[2(1 + U) + \frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2} \right] \quad (30)$$

Método de estimación de asentamiento:

- a) Las deformaciones son pequeñas e independientes del tiempo (a masa constante)
- b) Los esfuerzos y las deformaciones se relacionan literalmente.

Asentamiento inicial

Los métodos más comunes emplean varias integraciones de la solución de *boussinesq* para determinar el asentamiento de una carga puntual en la superficie de un semi-espacio homogéneo, isotrópico y estático.

$$\rho_i = PB \frac{(1-u^2)}{E} I \quad (31)$$

Donde:

ρ_i =Asentamiento Inicial

P =Esfuerzo promedio transmitido

B =Dimensión característica del área cargada

E =Módulo de *Young*

I =Factor de influencia

$U=0.5$, relación de *Poisson*

2.3 Definición de términos básicos

Las definiciones de términos que se empleará en la tesis son de uso cotidiano, aplicadas en las teorías, donde resaltan:

- **Capacidad de carga última, q_u**

Es la presión que podría causar la falla por corte al suelo de soporte abajo y adyacente a la zapata. Tiene un contacto máximo que puede resistir el suelo sin producir hundimiento de la estructura que se encuentra sobre de ella.

- **Capacidad de carga admisible, q_{adm}**

Es la presión ejercida por la cimentación que asegura que no se presentará una posible falla por corte del suelo, cuyo valor máximo de la presión de contacto de carga admisible es obtenida mediante:

- a. Aplicación de un factor de seguridad apropiado a la carga última o
- b. El esfuerzo que produce un asentamiento tolerable

- **Factor de seguridad**

El factor de seguridad convencional que comúnmente se aplicará en el cálculo de cimentación, es el que resulta de la definición propia da la capacidad portante admisible. (ver tabla 10)

Tabla 5. Factor de seguridad para capacidad portante de suelos

| Estructura | Factor de seguridad |
|---|---------------------|
| Muro de retención | 2 |
| Excavaciones temporales | 2 |
| Puente e ferrocarril | 4 |
| Puentes en carretera | 3.5 |
| Silo | 2.5 |
| Almacenes | 2.5 |
| Departamentos/Oficinas | 3 |
| Luces industriales | 3.5 |
| Edificios Públicos | 3.5 |
| Zapatas | 3 |
| Losas | 3 |
| Cimentaciones profundas con prueba con carga | 2 |
| Pilas manuales con análisis de ecuación de olas | 2.5 |
| Cimentaciones profundas sin prueba con carga | 3 |
| Suelos multicapas | 4 |

$$q_{adm} = \frac{qd}{Fs} \quad (32)$$

- **Asentamiento**

Hundimiento gradual de la estructura, cuyo efecto puede ser calculado, en términos unidades de medida. Siendo los métodos: elásticos, de consolidación unidimensional, modelos constitutivos.

- **Asentamiento Diferencial**

Los asentamientos varían de un punto a otro de una estructura o de un cimiento a otro.

- **Consolidación**

a. Reducción gradual de la presión intersticial es una masa de suelo debido a la aplicación continua o al incremento de un esfuerzo de compresión.

b. Reducción gradual del volumen de una masa de suelos debido a la aplicación o al incremento de un esfuerzo de compresión.

- **Modelo constitutivo**

Conjunto de ecuaciones que se refiere al comportamiento de un material en términos de relaciones, semiempíricas y en lo posible, teóricas. Los modelos constitutivos están expresados generalmente en forma de ecuaciones diferenciales de manera que los incrementos infinitesimales de un elemento asociado.

- **Zonificación**

Es la clasificación de usos que se realiza dentro de las unidades territoriales en un distrito de manejo integrado de los mismos, conforme a un análisis previo de sus aptitudes, características y cualidades.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis y variables

La hipótesis formulada es la que busca o trata de diseñar la cimentación del mercado modelo pudiéndose definir como explicaciones tentativas de lo investigado, formulándolo a través de proposiciones para obtener resultados válidos en la investigación.

Mientras que la variable que se asume es experimental cuantitativa, lo que permite establecer diferencias y semejanzas.

3.1.1 Hipótesis

Hipótesis general

El estudio geotécnico incide para proponer la cimentación de acuerdo a las características geotécnicas de la zona y propias de la arquitectura y estructura; lo más adecuado es sugerir la platea de cimentación que se empleará en la construcción del Mercado Modelo Villas de Ancón, ubicado dentro de la Asociación Popular las Lomas de Ancón, del distrito de Ancón.

Hipótesis específicas

- a) El perfil estratigráfico permite visualizar con mayor confiabilidad las características geotécnicas definiendo la situación actual del terreno de fundación, según el sistema unificado de clasificación de suelo SUCS NTP 339.134(ASTM D 2487).
- b) Los resultados de laboratorio que se obtendrán con la muestra de las calcatas, permitirán establecer los parámetros de corte directo, Norma técnica peruana (NPT 339.171, ASTM D 3080), donde se estima la capacidad portante admisible mayor a 2 Kg/cm², permitiendo la edificación propuestos hasta 4 pisos en el Mercado Modelo.
- c) La sustancia química encontrada en la zona de fundación para el diseño de la cimentación se obtiene en el análisis del laboratorio que, para nuestro fin, esté por debajo de los límites máximos permisibles sin presencia de materiales orgánicos, y sales agresivas.

3.1.2 Variable

a. Independiente:

Estudio Geotécnico

Indicador:

- Tipo de suelo (Estratigrafía)
- Capacidad de carga admisible
- Parámetro geotécnico
- Asentamiento

b. Dependientes:

Diseño de cimentación

Indicadores:

- Cimentación Superficial
- Cimentación Profunda

3.1.3 Matriz

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Diseño metodológico

Por su naturaleza el dato empleado es cuantitativo, donde se pudo obtener datos estadísticos, gráficos y porcentaje de variación de costo. Esto se desarrolló siguiendo los parámetros de cada norma.

Según el análisis de la investigación es experimental, ya que se realizó con resultados de laboratorio obtenidos por la muestra y breve descripción de cada uno de ellos, para que a partir de ahí se ejecutara el diseño de la cimentación con el programa ETABS.

4.1.1.1 Ubicación

El área en estudio, de la investigación, se encuentra ubicado a la altura del km 48.5 de la Panamericana norte, asociación de vivienda Las lomas de Ancón, en el distrito de Ancón, Provincia de Lima y Departamento de Lima-Perú (ver figura19) coordenadas referenciales 265443 E; 8600188 N.

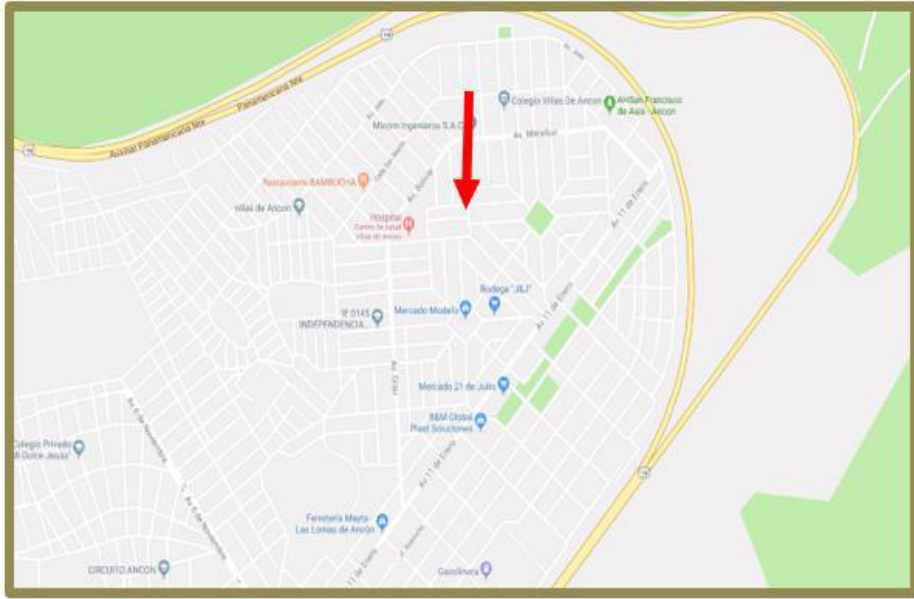


Figura 19. Ubicación del predio
Elaboración: el autor

4.1.2 Localización

La localización del mercado (ver figura 20) y plano en anexo 3

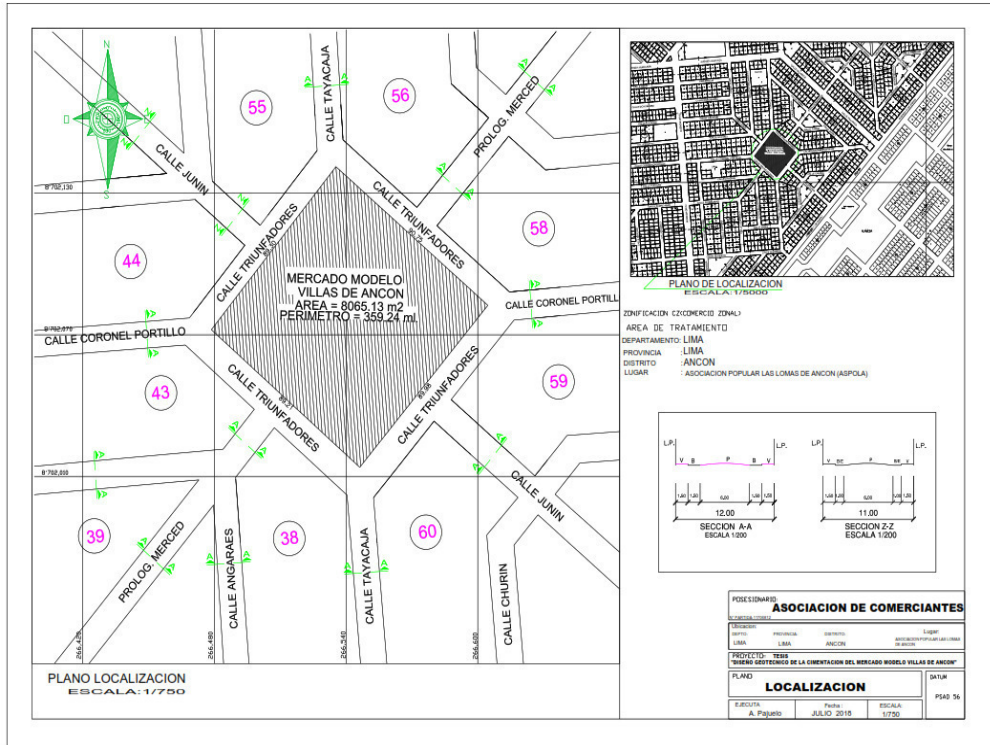


Figura 20. Localización de predio (anexo 8)
Elaboración: el autor

4.1.3 Arquitectura

El mercado modelo muestra un anteproyecto de arquitectura para su proceso constructivo (ver figura 21 y 22 y plano en anexo 8)

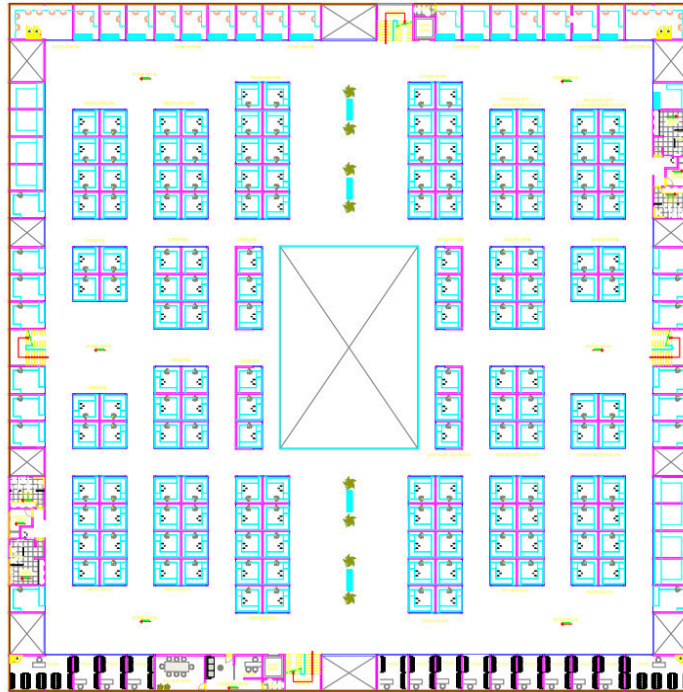


Figura 21. Diseño arquitectónico primer piso (Anexo 8)
Elaboración: el autor

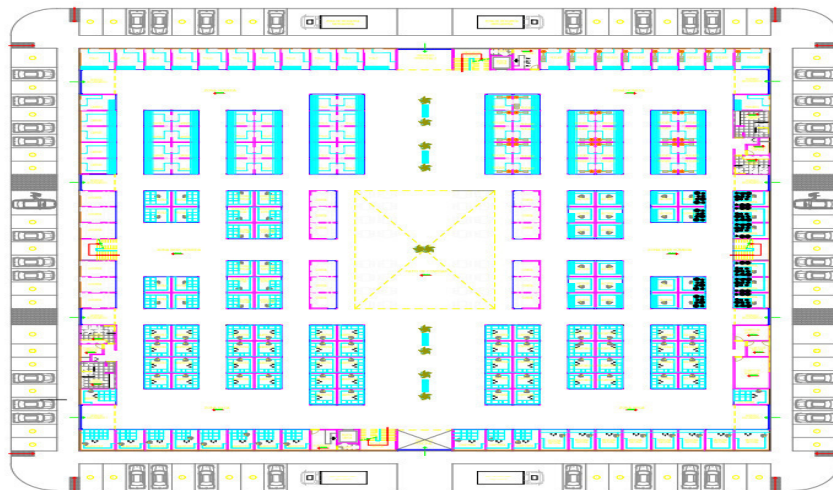


Figura 22. Diseño arquitectónico segundo, tercero y cuarto piso (anexo 8)
Elaboración: el autor

4.2 Técnica de recolección de datos

El nivel de investigación, se refiere al grado de profundidad con el que se aborda un fenómeno o un evento de estudio. En esta investigación el nivel de investigación se realizará en las etapas siguientes:

- a. Inspección de campo, se asignará la zona donde se va a realizar el estudio.
- b. Recolección y análisis de datos existente en el campo, consiste en extraer 18 muestras y llevado al laboratorio de mecánica de suelo.
- c. Ensayos de laboratorio, son los resultados que esperamos sobre el terreno de fundación a ser estudiado y proponer el diseño de la cimentación.
- d. Se obtendrá la arquitectura para poder diseñar la cimentación
- e. Trabajos de gabinete es la ejecución del diseño de la cimentación con el apoyo del programa ETABS.

4.2.1 Pasos del Diseño de Cimentaciones

- Los cimientos superficiales que se usan son menores a 3 m de profundidad; desde un punto de vista analítico significa que los esfuerzo cortante del suelo no se toma en cuenta arriba del nivel de desplante en cálculo a la capacidad de carga (*whitlow, 1989*)
- Una cimentación con insuficiente capacidad de apoyo también se asienta excesivamente; pero lo mismo puede sucederle a una cimentación con capacidad adecuada.
- Por tanto, los dos factores, capacidad de carga o apoyo, y asentamiento, deben ser revisados para el diseño de los cimientos en la condición que resulte crítica. Para ello se debe:

1. Determinar la capacidad de carga inherente al tipo de cimentación posible, dadas las condiciones del subsuelo y los requisitos estructurales del proyecto.
2. Reducir las capacidades últimas de carga calculadas multiplicándolas por un factor de seguridad de 2 a 3. NTP E-.50 suelos y cimentación, donde se utiliza el alto, en que se tiene menor certeza acerca de las condiciones del subsuelo.
3. Calcular los asentamientos que pueden ocurrirle a una cimentación con capacidad de carga permisible reducida y con las cargas estructurales previstas.
4. Si los asentamientos son estructuralmente aceptables, se fijará el costo de los tipos de cimentación satisfactorios, sobre una base que permita costos adecuados.

4.3 Técnica estadística para el procesamiento de la información

Por la investigación se obtendrá la estadística descriptiva debido a que se usará datos que serán netamente numéricos los cuales se obtendrán, expresados y procesados mediante cuadros (estadísticos, gráficos, etc.).

Los recursos para el diseño serán con el procesamiento de datos, el apoyo de las hojas de cálculos Microsoft Excel y el programa ETABS (diseño de la cimentación); para esta investigación se cumplirá con el procedimiento siguiente:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (2018)
- Norma Técnica de Edificaciones E-030 - Diseño Sismo resistente, Lima - Perú
- Norma Técnica de Edificaciones E-050 – Suelos y Cimentaciones

4.4 Diseño muestral

La muestra de este estudio consiste en realizar 6 calicatas con profundidades entre 3m a 4 m, con la finalidad de obtener tres muestras de cada calicata, de acuerdo a lo establecido por la norma técnica peruana -050 suelos y cimientos.

Este estudio se realizará en el mercado modelo Villas de Ancón que se encuentra en la asociación popular las Lomas de Ancón, ubicado en el distrito de Ancón, provincia de Lima y departamento de Lima.

4.5 Prueba de hipótesis

La investigación se realizó teniendo la práctica recomendada; el reconocimiento geológico y geotécnico de la zona en estudio, se determinó las características y propiedades (resistente y deformaciones) del suelo estudiado y se realizó el análisis teórico, mediante la utilización de diversos métodos revisados en la tesis.

4.6 Aspectos éticos

En la tesis se realiza también un análisis teórico de la capacidad portante admisible para el diseño de la cimentación, a través de métodos disponibles y ampliamente utilizados en la práctica. Así tenemos:

a. Método por criterio de resistencia

Es un método usado como punto de partida la ecuación general propuesta por *Terzaghi* (1943). Aquí se evalúa las diferencias y consideraciones de los métodos de estimación de la capacidad portante por el criterio de la resistencia, analizando diversos factores.

Factores de capacidad portante

Las diferencias que se encuentran en la capacidad portante (N_c , N_q , N_γ) su aplicación se mostrará (ver figura 23).

| Angulo de fricción del suelo | NC | | Nq | | Ny | | | |
|------------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|----------|--------|-------|
| | Terzaghi | Meyerhof, Hansen, y Vesic | Terzaghi | Meyerhof, Hansen, y Vesic | Terzaghi | Meyerhof | Hansen | Vesic |
| 0 | 5.70 | 5.40 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | 6.00 | 5.38 | 1.10 | 1.09 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.07 |
| 2 | 6.30 | 5.63 | 1.22 | 1.20 | 0.18 | 0.01 | 0.01 | 0.15 |
| 3 | 6.62 | 5.90 | 1.35 | 1.31 | 0.28 | 0.02 | 0.02 | 0.24 |
| 4 | 6.97 | 6.19 | 1.49 | 1.43 | 0.39 | 0.04 | 0.05 | 0.34 |
| 5 | 7.34 | 6.49 | 1.64 | 1.57 | 0.51 | 0.07 | 0.07 | 0.45 |
| 6 | 7.73 | 6.81 | 1.81 | 1.72 | 0.65 | 0.11 | 0.11 | 0.57 |
| 7 | 8.15 | 7.16 | 2.00 | 1.88 | 0.80 | 0.15 | 0.16 | 0.71 |
| 8 | 8.60 | 7.53 | 2.21 | 2.06 | 0.96 | 0.21 | 0.22 | 0.86 |
| 9 | 9.09 | 7.92 | 2.44 | 2.25 | 1.15 | 0.28 | 0.30 | 1.03 |
| 10 | 9.60 | 8.34 | 2.69 | 2.47 | 1.35 | 0.37 | 0.39 | 1.22 |
| 11 | 10.16 | 8.80 | 2.98 | 2.71 | 1.58 | 0.47 | 0.50 | 1.44 |
| 12 | 10.76 | 9.28 | 3.29 | 2.97 | 1.84 | 0.60 | 0.63 | 1.69 |
| 13 | 11.41 | 9.81 | 3.63 | 3.26 | 2.12 | 0.74 | 0.78 | 1.97 |
| 14 | 12.11 | 10.37 | 4.02 | 3.59 | 2.44 | 0.92 | 0.97 | 2.29 |
| 15 | 12.86 | 10.98 | 4.45 | 3.94 | 2.79 | 1.13 | 1.18 | 2.65 |
| 16 | 13.68 | 11.63 | 4.92 | 4.34 | 3.19 | 1.37 | 1.43 | 3.06 |
| 17 | 14.56 | 12.34 | 5.45 | 4.77 | 3.63 | 1.66 | 1.73 | 3.53 |
| 18 | 15.52 | 13.10 | 6.04 | 5.26 | 4.13 | 2.00 | 2.08 | 4.07 |
| 19 | 16.56 | 13.93 | 6.70 | 5.80 | 4.70 | 2.40 | 2.48 | 4.68 |
| 20 | 17.69 | 14.83 | 7.44 | 6.40 | 5.34 | 2.87 | 2.95 | 5.39 |
| 21 | 18.92 | 15.81 | 8.26 | 7.07 | 6.07 | 3.42 | 3.50 | 6.20 |
| 22 | 20.27 | 16.88 | 9.19 | 7.82 | 6.89 | 4.07 | 4.13 | 7.13 |
| 23 | 21.75 | 18.05 | 10.23 | 8.66 | 7.83 | 4.82 | 4.88 | 8.20 |
| 24 | 23.36 | 19.32 | 11.40 | 9.60 | 8.90 | 5.72 | 5.75 | 9.44 |
| 25 | 23.13 | 20.72 | 12.72 | 10.66 | 10.12 | 6.77 | 6.76 | 10.88 |

Figura 23. Factor de capacidad portante última para diferentes métodos
Elaboración: el autor

| Angulo de fricción del suelo | NC | | Nq | | Ny | | | |
|------------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|----------|--------|--------|
| | Terzaghi | Meyerhof, Hansen, y Vesic | Terzaghi | Meyerhof, Hansen, y Vesic | Terzaghi | Meyerhof | Hansen | Vesic |
| 26 | 27.09 | 22.25 | 14.21 | 11.85 | 11.53 | 8.00 | 7.94 | 12.54 |
| 27 | 29.24 | 23.94 | 15.90 | 13.20 | 13.15 | 9.46 | 9.32 | 14.47 |
| 28 | 31.61 | 25.80 | 17.81 | 14.72 | 15.03 | 11.19 | 10.94 | 16.72 |
| 29 | 34.24 | 27.86 | 19.98 | 16.44 | 17.21 | 13.24 | 12.84 | 19.34 |
| 30 | 37.16 | 30.14 | 22.46 | 18.40 | 19.75 | 15.67 | 15.07 | 22.40 |
| 31 | 40.41 | 32.67 | 25.28 | 20.63 | 22.71 | 18.56 | 17.69 | 25.99 |
| 32 | 44.04 | 35.49 | 28.52 | 23.18 | 26.20 | 22.02 | 20.79 | 30.21 |
| 33 | 48.09 | 38.64 | 32.23 | 26.09 | 30.33 | 26.17 | 24.44 | 35.19 |
| 34 | 52.64 | 42.16 | 36.50 | 29.44 | 35.23 | 31.15 | 28.77 | 41.06 |
| 35 | 57.75 | 46.12 | 41.44 | 33.30 | 41.08 | 37.15 | 33.92 | 48.03 |
| 36 | 63.53 | 50.59 | 47.16 | 37.75 | 48.11 | 44.43 | 40.05 | 56.31 |
| 37 | 70.07 | 55.63 | 53.80 | 42.92 | 56.62 | 53.27 | 47.38 | 66.19 |
| 38 | 77.50 | 61.35 | 61.55 | 48.93 | 67.00 | 64.07 | 56.17 | 78.02 |
| 39 | 85.97 | 67.87 | 70.61 | 55.96 | 79.77 | 77.33 | 66.76 | 92.25 |
| 40 | 95.66 | 75.31 | 81.27 | 64.20 | 95.61 | 93.69 | 79.54 | 109.41 |
| 41 | 106.81 | 83.86 | 93.85 | 73.90 | 115.47 | 113.99 | 95.05 | 130.21 |
| 42 | 119.67 | 93.71 | 108.75 | 85.37 | 140.65 | 139.32 | 113.96 | 155.54 |
| 43 | 134.58 | 105.11 | 126.50 | 99.01 | 173.00 | 171.14 | 137.10 | 186.53 |
| 44 | 151.95 | 118.37 | 147.74 | 115.31 | 215.16 | 211.41 | 165.58 | 224.63 |
| 45 | 172.29 | 133.87 | 173.29 | 134.87 | 271.07 | 262.74 | 200.81 | 271.75 |
| 46 | 196.22 | 152.10 | 204.19 | 158.50 | 346.66 | 328.73 | 244.65 | 330.34 |
| 47 | 224.55 | 173.64 | 241.80 | 187.21 | 451.28 | 414.33 | 299.52 | 403.65 |
| 48 | 258.29 | 199.26 | 287.95 | 222.30 | 600.15 | 526.45 | 368.67 | 496.00 |
| 49 | 298.72 | 229.92 | 344.64 | 265.50 | 819.31 | 674.92 | 456.40 | 613.14 |
| 50 | 347.51 | 266.88 | 415.15 | 319.06 | 1155.97 | 873.86 | 568.57 | 762.86 |

Figura 23. Factor de capacidad portante última para diferentes métodos
Elaboración: el autor

b. Métodos por criterios de asentamientos

En la determinación del asentamiento, provocados por una carga Q aplicada se emplearán los métodos siguientes:

b.1 Método de *Skemton-Bjerrum*

Realizará una corrección del asentamiento calculando con el método edométrico debido a elementos de suelo bajo una cimentación que experimenta deformaciones laterales. Como resultado de la carga aplicada y la presión de poros inducida será diferente al incremento de esfuerzo vertical sobre el elemento.

b.2 Método de *Janbu*

Se calculan los asientos mediante la ecuación parecida al utilizado por el método edométrico; al considerar que la relación entre esfuerzo y deformación dependa de dos parámetros adimensionales.

Se ha dicho que en el caso de una arena fuertemente consolidada, el límite de la inclinación de la generatrices del cono definido en un medio suelto, podría alcanzar el valor del ángulo de rozamiento interno mínimo φ , con respecto a la vertical, tal como se obtiene de las experiencias de *Hugi y Gerber*(1927-1929). (*Reimbert & Reimbert, 1978*).

Las nociones del estudio de suelo están ligadas a la estabilidad de los cimientos, aunque no todas las construcciones actuales sean objeto de un estudio sistemático. (*Cassan, 1982*)

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Contratación de hipótesis

Hipótesis:

El estudio geotécnico incide para proponer la cimentación De acuerdo a las características geotécnicas de la zona y propias de la arquitectura y estructura, lo más adecuado es sugerir la platea de cimentación que se empleará en la construcción del Mercado Modelo Villas de Ancón, ubicado dentro de la Asociación Popular las Lomas de Ancón, del distrito de Ancón

Contratación de Hipótesis

De acuerdo a las características geotécnicas de la zona y propias de la arquitectura y estructura, cumple con la propuesta de diseñar la platea de cimentación en construcción del Mercado Modelo Villas de Ancón, en la Asociación Popular las Lomas de Ancón, ubicado en el distrito de Ancón.

Hipótesis específicas

Hipótesis1:

El perfil estratigráfico permite visualizar con mayor confiabilidad las características geotécnicas y definir la situación actual del terreno de fundación, según el sistema unificado de clasificación de suelo SUCS NTP 339.134(ASTM D 2487).

Contrastación de Hipótesis1

El perfil estratigráfico permite visualizar con mayor confiabilidad las características geotécnicas definiendo la situación actual del terreno de fundación, según el sistema unificado de clasificación de suelo SUCS NTP 339.134(ASTM D 2487). Se muestra a través del mapa geológico INGEMMET (2018) Anexo 7, material de origen aluvial con depósito de arena, perteneciente al abanico fluvial del río Chillón, presenta estratos de suelo como arena mal graduada (SP).

Hipótesis 2

Los resultados de laboratorio que se obtendrán con la muestra de las calicatas, permitirán establecer los parámetros de corte directo, Norma técnica peruana (NPT 339.171, ASTM D 3080), donde se estima la capacidad portante admisible mayor a 2 Kg/cm², permitiendo la edificación propuesta hasta 4 pisos en el mercado modelo.

Contrastación de Hipótesis 2

Los resultados de laboratorio obtenido con la muestra de las calicatas, permiten establecer los parámetros de corte directo, Norma técnica peruana (NPT 339.171, ASTM D 3080), la capacidad portante admisible cumple con ser mayor 2 Kg/cm², teniendo un resultado de 2.21 kg/cm² que permitirá la edificación propuesta hasta 4 pisos en el mercado modelo.

Hipótesis 3

La sustancia química encontrada en la zona de fundación para el diseño de la cimentación se obtiene en el análisis del laboratorio que, para el fin, esté por debajo de los límites máximos permisibles sin presencia de materiales orgánicos y sales agresivas.

Contrastación de Hipótesis 3

La sustancia química encontrada en la zona de fundación para el diseño de la cimentación se obtiene en el análisis del laboratorio, resultado que se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, sin presencia de materiales orgánicos y sales agresivas.

5.2 Resultado de la investigación

5.2.1 Geología Regional

Las zonas presentan afloramiento de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas que varían en edades desde el paleozoico hasta periodos geológicos recientes. Las rocas que conforman las unidades litológicas son principalmente sedimentarias: margas y caliza. Estas rocas están formadas por arcilla en porcentaje de mezcla y coloración variada. Las margas no son buenos terrenos para la localización o desplazamiento de obras de ingeniería civil. En esta zona también encontramos otra unidad litológica conformada por rocas intrusivas-hipabisales, representadas por granitos, dioritas, monzonitas, etc. que pueden ser usados como materiales de construcción analizando previamente sus características físicas y mecánicas. (ver figura 24)

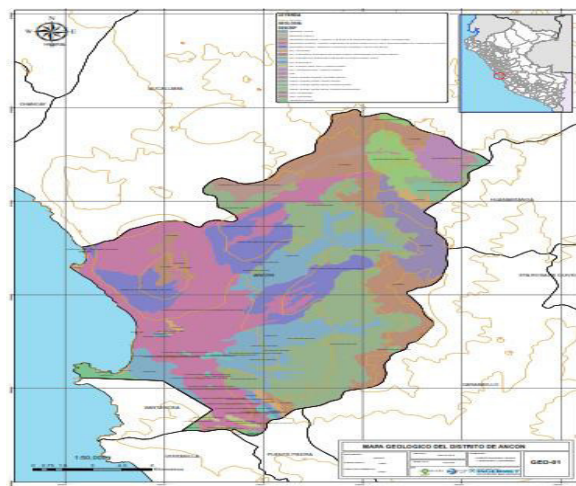


Figura 24. Mapa geológico (Anexo 8)
Fuente: Ingemmet (2018)

5.2.2 Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio han sido modelados por eventos de geodinámica externa y/o interna y por la erosión del río Chillón y sus quebradas afluentes.

Las unidades geomorfológicas en la zona del proyecto son:

- **Valles y Quebradas:** Comprende el valle del río Chillón a la altura de Ancón, que ha conformado un depósito aluvial ubicado sobre cauces antiguos del río, donde se han acumulado materiales transportados de la cordillera occidental.
- **Lomas y Cerros testigos:** Son las colinas que bordean las estribaciones de la cordillera occidental y que aparecen como testigos dentro de la llanura aluvial, a manera de remanentes, producto de la acción erosiva del río Chillón.

Geodinámica extrema de la zona en estudio no presenta mayor peligro; en cuanto a la geodinámica interna se deberá tener en cuenta el ambiente sísmico tectónico, por ubicarse el área en una zona altamente sísmica.

5.2.2.1 Sismicidad

La ciudad de Lima se ubica en la costa occidental de Sudamérica, en una franja desértica entre el Océano Pacífico y los andes. Lima está localizada en los conos de deyección de los ríos Rímac y Chillón que desciende de los andes al Océano Pacífico. La región es del cinturón circum-Pacífico, que es una zona sísmica más activa del mundo.

Los sismos se originan principalmente por la subducción de la placa de Nazca, bajo la placa sudamericana. Esta zona ha generado sismos de alta magnitud con periodos de recurrencias relativamente cortos.

Según Los mapas de zonificación sísmica y mapa de máxima intensidad sísmica en el Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-resistente de reglamento Nacional de edificaciones NTP-E-030 (2018), el distrito de Ancón se encuentra comprendido en la zona 4, correspondiente una sismicidad alta y una intensidad de IX a X en la escala Mercalli Modificada.

En la Figura 25, se presenta el mapa de Zonificación Sísmica considerada por la norma Técnica E-030 “Diseño Sismo resistente” (2018), del Reglamento Nacional de Construcciones.

En la Figura 26, (Ver anexo 8 de Planos) presenta el mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et al. (1984), el cual se basó en mapas de Isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes.

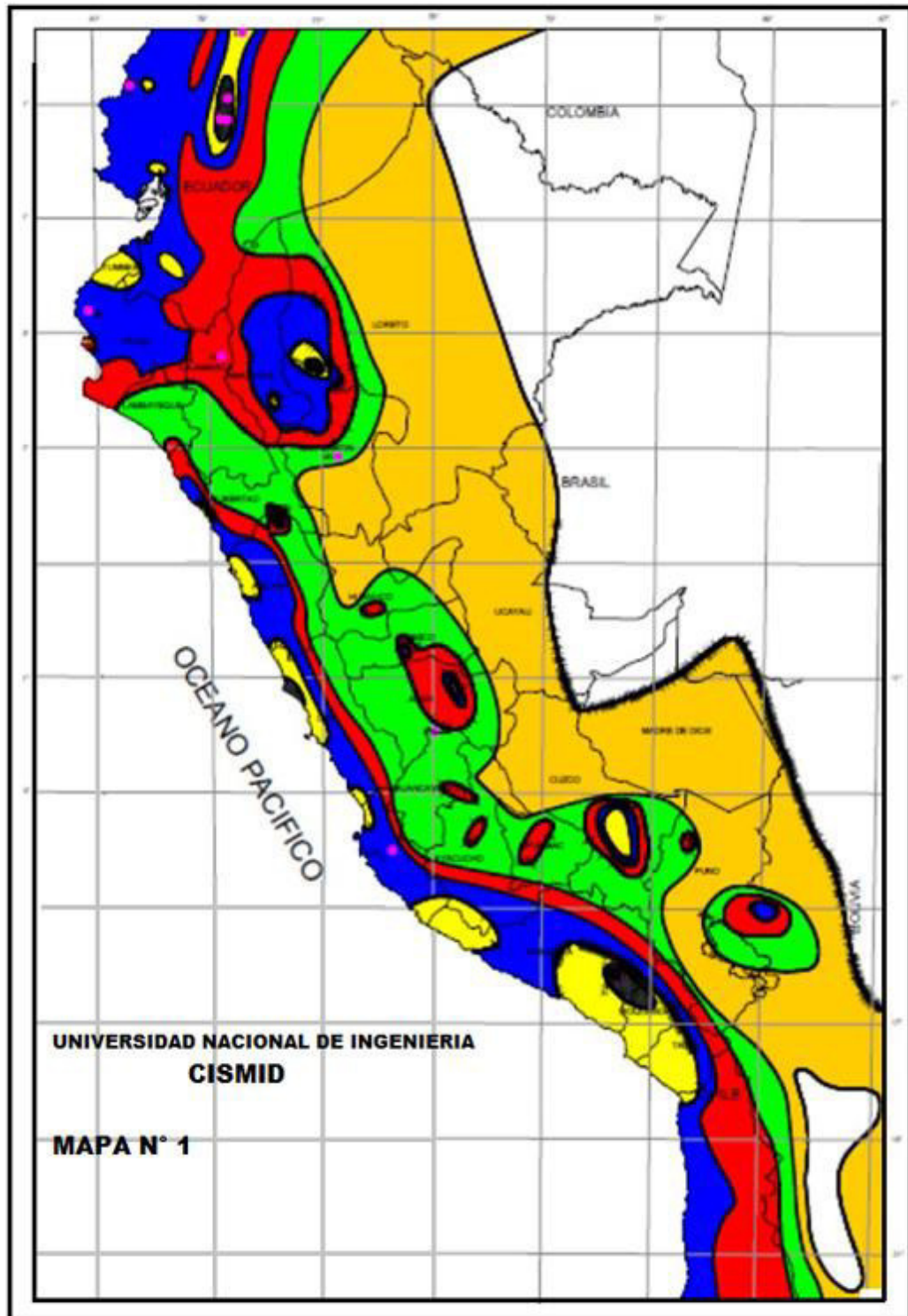


Figura 25. Mapa de zonas sísmicas
 Fuente: Norma E.030 de Diseño Sismorresistente del 2018

ZONAS SÍSMICAS



Figura 26. Mapa de distribución de máxima intensidad sísmica (anexo 8)
Fuente: Cismid (2018)

Parámetro sísmico

Se desarrolla de acuerdo al reglamento Sismorresistente NTP E-030 (2018). Ver figura 27 y detalles de tablas sísmicas Anexo 1.

| Parámetro sísmico | Símbolo | Resultado |
|---|---------|-----------|
| Factor de zona | Z | 0.45 g |
| Factor de amplificación de onda sísmica | S | 1.2 |
| Tiempo de vibración predominante | Tp | 0.6 Seg. |

Figura 27. Parámetro Sísmico
Fuente: Norma E.030 de Diseño Sismorresistente del 2018

5.2.3 Ensayos de laboratorio

El desarrollo en el laboratorio nos permitió evaluar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos, mecánicos y químicos. Las muestras disturbadas de suelo, proveniente de cada una de las exploraciones, fueron sometidas a ensayos de acuerdo a las recomendaciones de la *American Society Of Testing and Materials (ASTM)*

5.2.4.1 Ensayos estándar

Se han realizado los siguientes ensayos (ver figura 28).

| Calicata | Muestra | Profund. (m) | Granulometría(%) | | | Límites (%) | | C.H (%) | Clasificación SUCS |
|----------|---------|--------------|------------------|-------|-------|-------------|----|---------|--------------------|
| | | | Grava | Arena | Finos | LL | LP | | |
| C-1 | M-1 | 4.00 | 0.0 | 80.0 | 0.0 | | | 10 | SP |
| C-2 | M-2 | 4.00 | 0.0 | 81.0 | 0.0 | | | 10 | SP |
| C-3 | M-3 | 4.00 | 0.0 | 79.0 | 0.0 | | | 10 | SP |
| C-4 | M-4 | 4.00 | 0.0 | 80.0 | 0.0 | | | 10 | SP |
| C-5 | M-5 | 4.00 | 0.0 | 79.5 | 0.0 | | | 10 | SP |
| C-6 | M-6 | 4.00 | 0.0 | 80.0 | 0.0 | | | 10 | SP |

Figura 28. Clasificación de suelos
Elaboración: el autor

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Peso específico relativo de sólidos ASTM D-854

5.2.4.2 Ensayo Especial

En la figura 29, se presenta los ensayos especiales que se ejecutaron siguiendo las normas de la *American society For Testing and Materials* (ASTM). La Norma para este ensayo es la siguiente:

Corte Directo ASTM D 3080 (Anexo 4)

| Calicata | Muestra | Profundidad (m) | Clasificación SUCS | Corte Directo | | Observación |
|----------|---------|-----------------|--------------------|-----------------------|-------|--------------------|
| | | | | C | Ø | |
| | | | | (kg/cm ²) | (°) | |
| C-1 | M-1 | 4.00 | SP | 0.05 | 25.07 | Muestra remoldeada |
| C-2 | M-2 | 4.00 | SP | | | |
| C-3 | M-3 | 4.00 | SP | | | |
| C-4 | M-4 | 4.00 | SP | | | |
| C-5 | M-5 | 4.00 | SP | | | |
| C-6 | M-6 | 4.00 | SP | | | |

Figura 29. Ensayo de corte directo

Elaboración: el autor

5.2.4.3 Ensayo Químico de suelos

Con el objetivo de estimar el grado de agresividad del suelo a la cimentación de estructuras proyectadas, se han ejecutado ensayos químicos del suelo, donde se determinó los sulfatos, sales solubles totales y cloruros contenidos en las muestras de suelo. (ver figura 30)

| Calicata | Profundidad (m) | Valores obtenidos | | | | | Agresión |
|----------|-----------------|------------------------|----------|----------|------|------|----------|
| | | Sales Solubles Totales | Sulfatos | Cloruros | C.E | Ph | |
| | | ppm | ppm | ppm | ds/m | | |
| C-1 | 4 | 448.50 | 28.39 | 58.80 | 0.45 | 7.19 | Leve |
| C-2 | 4 | 519.30 | 105.74 | 29.40 | 0.52 | 8.23 | Leve |
| C-3 | 4 | 226.50 | 66.83 | 19.60 | 0.23 | 7.41 | Leve |
| C-4 | 4 | 102.90 | 17.60 | 13.72 | 0.10 | 7.31 | Leve |
| C-5 | 4 | 636.30 | 190.60 | 37.24 | 0.64 | 7.80 | Leve |
| C-6 | 4 | 588.00 | 199.98 | 27.44 | 0.59 | 7.05 | Leve |

Figura 30. Ensayo Químico

Elaboración: el autor

De la comparación de los resultados obtenidos en la figura 30, Para la investigación los niveles de sulfatos, sales solubles totales y cloruros están por debajo de los niveles perjudiciales. Cumplen los límites permisibles recomendados por el comité ACI 318-83 y valores recopilados de la literatura existente sobre las cantidades en partes por millón (ppm) de sulfatos y cloruros; así el grado de alteración y las observaciones del ataque a la armadura y al concreto de la construcción. (Ver figura 31)

| Presencia en el suelo | p.p.m | Grado de alteración | Consecuencias |
|-----------------------|--------------|---------------------|--|
| *sulfato | 0-1,000 | Leve | Ocasiona un ataque Químico al concreto de la cimentación |
| | 1,000-2,000 | Moderado | |
| | 2,000-20,000 | Severo | |
| **Cloruro | >20,000 | Muy severo | Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos |
| | >6,000 | Perjudicial | |

Figura 31. Parámetros químicos

Fuente: Norma técnica peruana 2018

En esta investigación los niveles de sulfatos, sales solubles totales y cloruros están por debajo de los niveles perjudiciales.

5.2.5 Perfil de suelo

De los registros obtenidos de las calicatas ejecutados en el campo y ensayos de laboratorio, se ha elaborado el perfil estratigráfico del suelo (Ver Anexo 2); y para el área estimada a cimentar (ver anexo 8 plano).

5.2.6 Capacidad portante

Este resultado de presión admisible es la máxima del terreno de cimentación, el cual proporciona la seguridad necesaria para evitar la ruptura de la masa del terreno o el movimiento de los cimientos. Esta presión se obtiene aplicando un coeficiente de seguridad, impuesto por las normas de edificación, a la carga de rotura del terreno. (Ver anexo 6)

a. Zapata de 1.0 m

En la figura 33 muestra el resumen de los resultados obtenidos en capacidad portante última y admisible en unidades de KN/m², T/m² y kg, y en la figura 32 los parámetros de resistencias usados.

| Parámetro | Valores |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Peso específico del suelo, γ | 17.07 KN/m ² |
| Ángulo de Fricción interna, ϕ | 25.70° |
| Cohesión, c' | 4.90KN/m ² |
| Ancho, B | 1.0m |
| Largo ,L | 1.0m |
| Desplante, Df | 1.5m |
| FS | 3 |

Figura 32. Parámetros de resistencia de 1.0 m
Elaboración: el autor

| Científico en mecánica de suelo | Capacidad de carga última | | | Capacidad de carga admisible | | |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² |
| Meyerhof | 794.61 | 81.03 | 8.10 | 264.87 | 27.01 | 2.70 |
| Vesic' | 612.66 | 62.47 | 6.25 | 204.22 | 20.08 | 2.08 |
| Hansen | 614.66 | 62.68 | 6.27 | 204.89 | 20.89 | 2.09 |
| Terzaghi | 573.18 | 58.45 | 5.84 | 191.06 | 19.48 | 1.95 |

Figura 33. Resumen de cálculo de Capacidad Portante por resistencia Zapata de 1.0x1.0m²
Elaboración: el autor

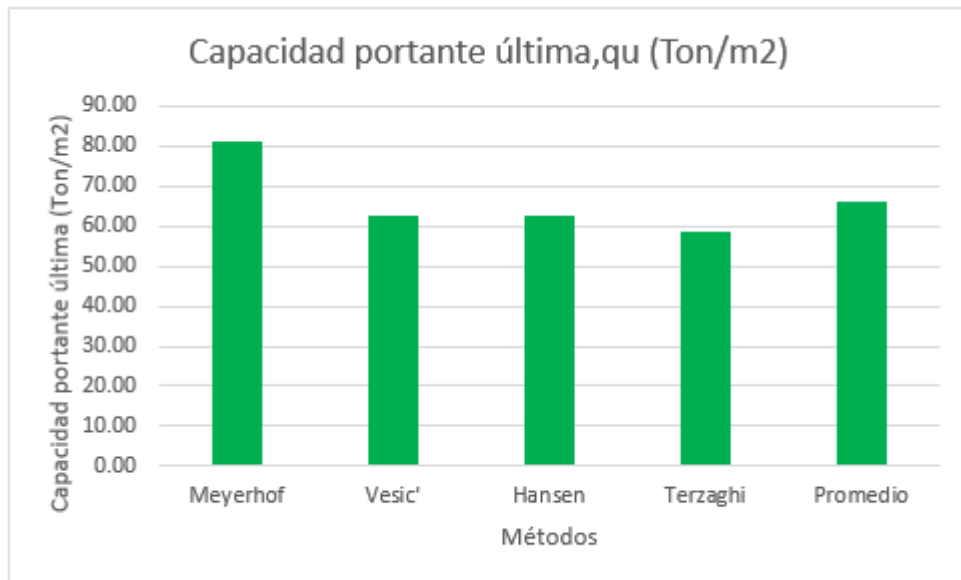


Figura 34. Resumen de los Métodos 1.0 m

Elaboración: el autor

b. Zapata de 1.50 m

En la figura 36 mostramos el resumen de los resultados obtenidos de la capacidad portante última y admisible en unidades de KN/m², T/m² y kg, y en la figura 35 los parámetros de resistencias usados.

| Parámetro | Valores |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Peso específico del suelo, γ | 17.07 KN/m ² |
| Ángulo de Fricción interna, ϕ | 25.70° |
| Cohesión, c' | 4.90KN/m ² |
| Ancho, B | 1.5m |
| Largo ,L | 1.5m |
| Desplante, Df | 1.5m |
| FS | 3 |

Figura 35. Parámetros de resistencia 1.50 m

Elaboración: el autor

| Científico en mecánica de suelo | Capacidad de carga última | | | Capacidad de carga admisible | | |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² |
| <i>Meyerhof</i> | 780.42 | 79.58 | 7.96 | 260.14 | 26.52 | 2.65 |
| <i>Vesic'</i> | 1009.37 | 102.93 | 10.29 | 336.46 | 34.31 | 3.43 |
| <i>Hansen</i> | 1012.37 | 103.23 | 10.32 | 337.46 | 34.41 | 3.44 |
| <i>Terzaghi</i> | 616.86 | 62.90 | 6.29 | 205.62 | 20.96 | 2.10 |

Figura 36. Resumen cálculo de Capacidad Portante por resistencia Zapata de 1.50x1.50 m²
Elaboración: el autor

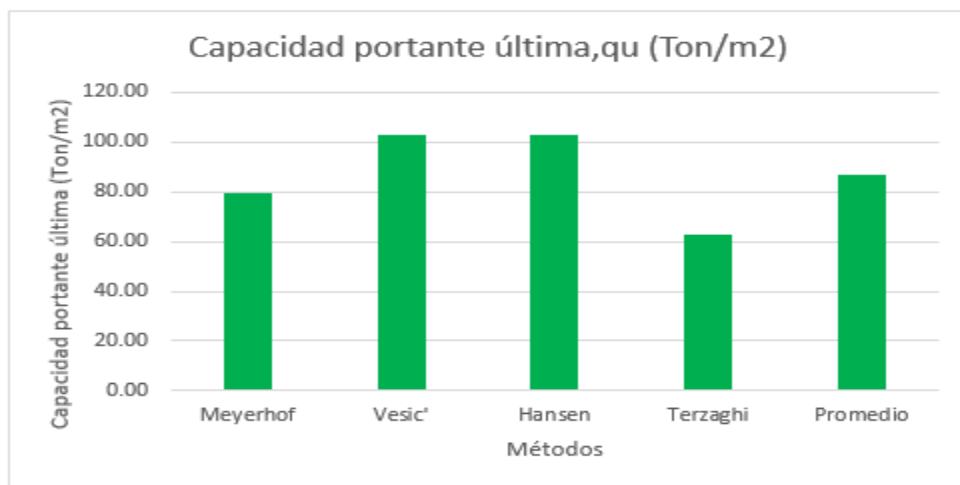


Figura 37. Resumen de los Métodos 1.5 m
Elaboración: el autor

c. Zapata de 2.00 m

En la figura 39 mostramos el resumen de los resultados obtenidos de la capacidad portante última y admisible en unidades de KN/m², T/m² y kg, y en la figura 38 los parámetros de resistencias usados.

| Parámetro | Valores |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Peso específico del suelo, γ | 17.07 KN/m ² |
| Ángulo de Fricción interna, φ | 25.70° |
| Cohesión, c' | 4.90KN/m ² |
| Ancho, B | 2.0m |
| Largo ,L | 2.0m |
| Desplante, Df | 1.5m |
| FS | 3 |

Figura 38. Parámetros de resistencia 2.00m
Elaboración: el autor

| Científico en mecánica de suelo | Capacidad de carga última | | | Capacidad de carga admisible | | |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² |
| <i>Meyerhof</i> | 793.68 | 80.93 | 8.09 | 264.56 | 26.97 | 2.70 |
| <i>Vesic'</i> | 909.79 | 92.77 | 9.28 | 303.26 | 30.92 | 3.09 |
| <i>Hansen</i> | 913.79 | 93.18 | 9.32 | 304.60 | 31.06 | 3.11 |
| <i>Terzaghi</i> | 660.55 | 67.36 | 6.74 | 220.18 | 22.45 | 2.25 |

Figura 39. Resumen cálculo de Capacidad Portante por resistencia Zapata de 2.00 x 2.00m²

Elaboración: el autor

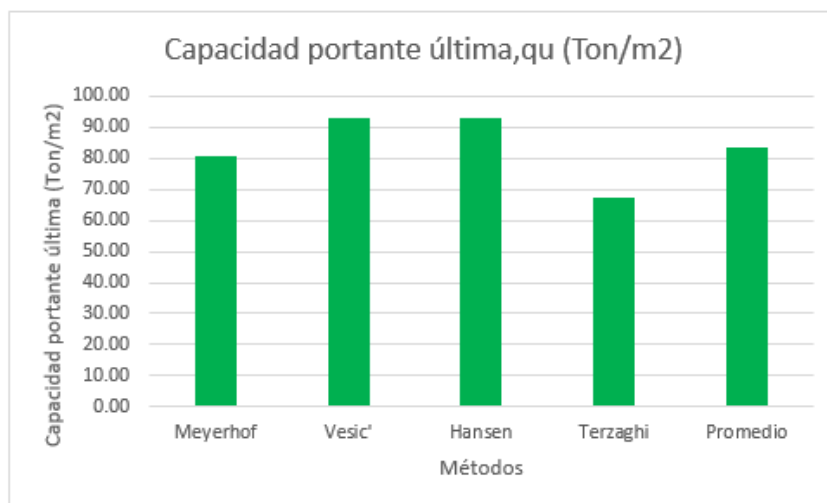


Figura 40. Resumen de los Métodos 2.0 m

Elaboración: el autor

d. Zapata de 2.50 m

En la figura 42 mostramos el resumen de los resultados obtenidos de la capacidad portante última y admisible en unidades de KN/m², T/m² y kg, y en la figura 41 los parámetros de resistencias usados.

| Parámetro | Valores |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Peso específico del suelo, γ | 17.07 KN/m ² |
| Ángulo de Fricción interna, φ | 25.70° |
| Cohesión, c' | 4.90KN/m ² |
| Ancho, B | 2.5m |
| Largo ,L | 2.5m |
| Desplante, Df | 2.0m |
| FS | 3 |

Figura 41. Parámetros de resistencia 2.50 m
Elaboración: el autor

| Científico en mecánica de suelo | Capacidad de carga última | | | Capacidad de carga admisible | | |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² |
| <i>Meyerhof</i> | 984.77 | 100.42 | 10.04 | 328.26 | 33.47 | 3.35 |
| <i>Vesic'</i> | 1167.78 | 119.08 | 11.91 | 389.26 | 39.69 | 3.97 |
| <i>Hansen</i> | 1172.78 | 119.59 | 11.96 | 390.93 | 39.86 | 3.99 |
| <i>Terzaghi</i> | 812.80 | 82.88 | 8.29 | 270.93 | 27.62 | 2.76 |

Figura 42. Resumen cálculo de Capacidad Portante por resistencia Zapata de 2.50x2.50m²
Elaboración: el autor

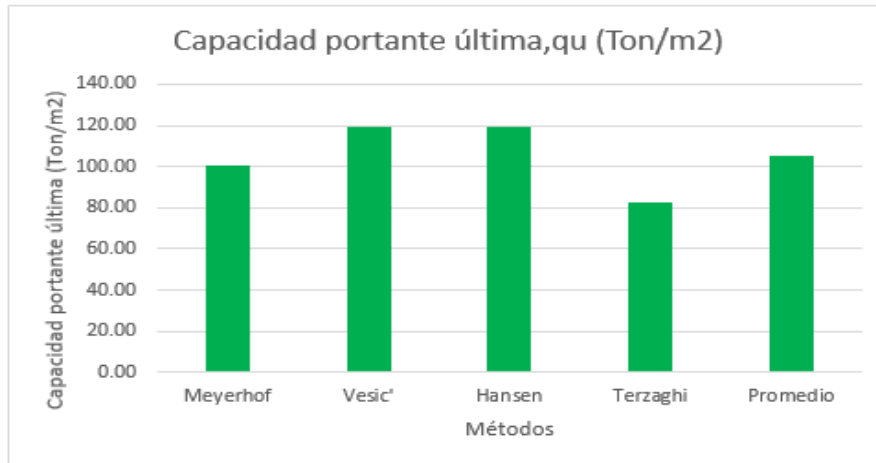


Figura 43. Resumen de los Métodos 2.5 m

Elaboración: el autor

e. Zapata de 3.00 m

En la figura 45 mostramos el resumen de los resultados obtenidos de la capacidad portante última y admisible en unidades de KN/m², T/m² y kg, y en la figura 44 los parámetros de resistencias usados.

| Parámetro | Valores |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Peso específico del suelo, γ | 17.07 KN/m ² |
| Ángulo de Fricción interna, ϕ | 25.70° |
| Cohesión, c' | 4.90KN/m ² |
| Ancho, B | 3.0m |
| Largo ,L | 3.0m |
| Desplante, Df | 2.5m |
| FS | 3 |

Figura 44. Parámetros de resistencia 3.0m

Elaboración: el autor

| Científico en mecánica de suelo | Capacidad de carga última | | | Capacidad de carga admisible | | |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² |
| <i>Meyerhof</i> | 1175.33 | 119.85 | 11.95 | 391.78 | 39.95 | 3.99 |
| <i>Vesic'</i> | 1426.57 | 145.47 | 14.55 | 475.52 | 48.49 | 4.85 |
| <i>Hansen</i> | 1432.57 | 146.08 | 14.61 | 477.52 | 48.69 | 4.87 |
| <i>Terzaghi</i> | 965.05 | 98.41 | 9.84 | 321.68 | 32.80 | 3.28 |

Figura 45. Resumen cálculo de Capacidad Portante por resistencia Zapata de 3.00x3.00m²
Elaboración: el autor

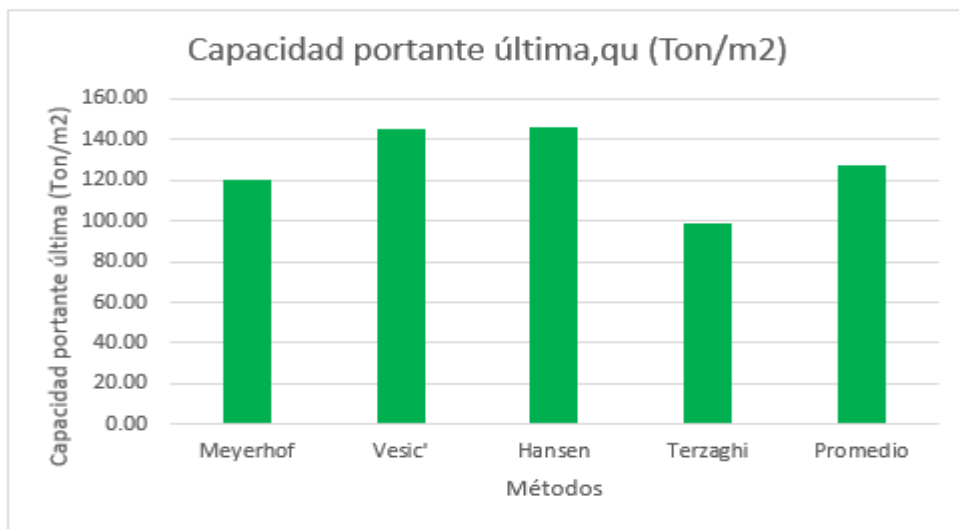


Figura 46. Resumen de los Métodos 3.0 m
Elaboración: el autor

f. Zapata de 5.00 m

En la figura 48 se muestra el resumen de los resultados obtenidos de la capacidad portante última y admisible en unidades de KN/m², T/m² y kg, y en la figura 47 los parámetros de resistencias usados.

| Parámetro | Valores |
|--|-------------------------|
| Peso específico del suelo, γ | 17.07 KN/m ² |
| Angulo de Fricción interna, φ | 25.70° |
| Cohesión, c | 4.90 KN/Cm ² |
| Ancho, B | 5.0m |
| Largo ,L | 5.0m |
| Desplante, Df | 3.0m |
| FS | 3 |

Figura 47. Parámetros de resistencia 5.0 m
Elaboración: el autor

| Científico en mecánica de suelo | Capacidad de carga última | | | Capacidad de carga admisible | | |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
| | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² | KN/m ² | T/m ² | Kg/cm ² |
| <i>Meyerhof</i> | 1444.38 | 147.28 | 14.73 | 481.46 | 49.09 | 4.91 |
| <i>Vesic'</i> | 1499.44 | 152.90 | 15.29 | 499.81 | 50.96 | 5.10 |
| <i>Hansen</i> | 1509.44 | 153.92 | 15.39 | 503.15 | 51.30 | 5.13 |
| <i>Terzaghi</i> | 1248.36 | 127.29 | 12.73 | 416.12 | 42.43 | 4.24 |

Figura 48. Resumen cálculo de Capacidad Portante por resistencia Zapata de 5.00x5.00m²
Elaboración: el autor

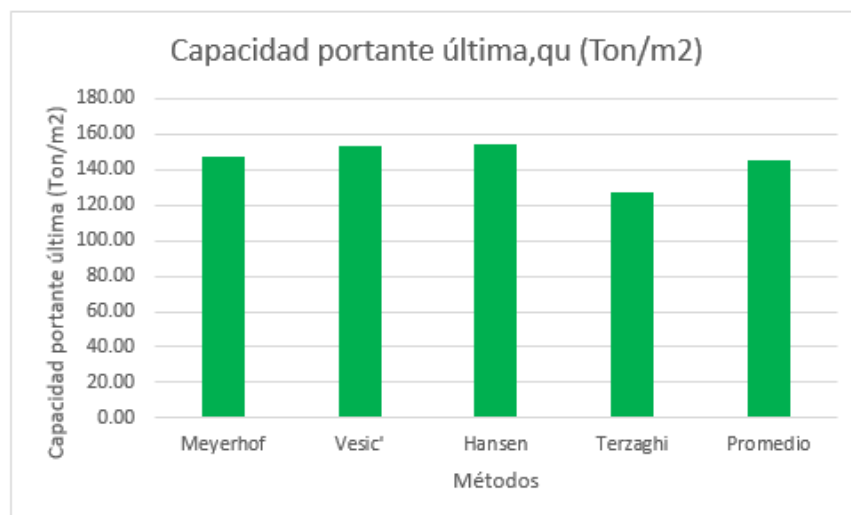


Figura 49. Resumen de los Métodos 5.0 m
Elaboración: el autor

5.2.7 Diseño de cimentación

Los resultados hallados permiten diseñar la cimentación como losas o platea de cimentación con una profundidad de desplante de 1.5 m y la capacidad de carga admisible a usar es de:

$Q_{adm} = 216.26 \text{ KN/m}^2$ (21.87 Tn/m² ó 2.21 kg/cm².) (ver anexo 7).

$D_f = 1.5 \text{ m}$

$\Gamma = 0.174 \text{ Kg/Cm}^3$

$\Phi = 25.70^\circ$

$C = 0.05 \text{ Kg/Cm}^2$

Se define los modelamientos de cimentación mostrada en Figura (50, 51, 52, 53, 54 y 55)

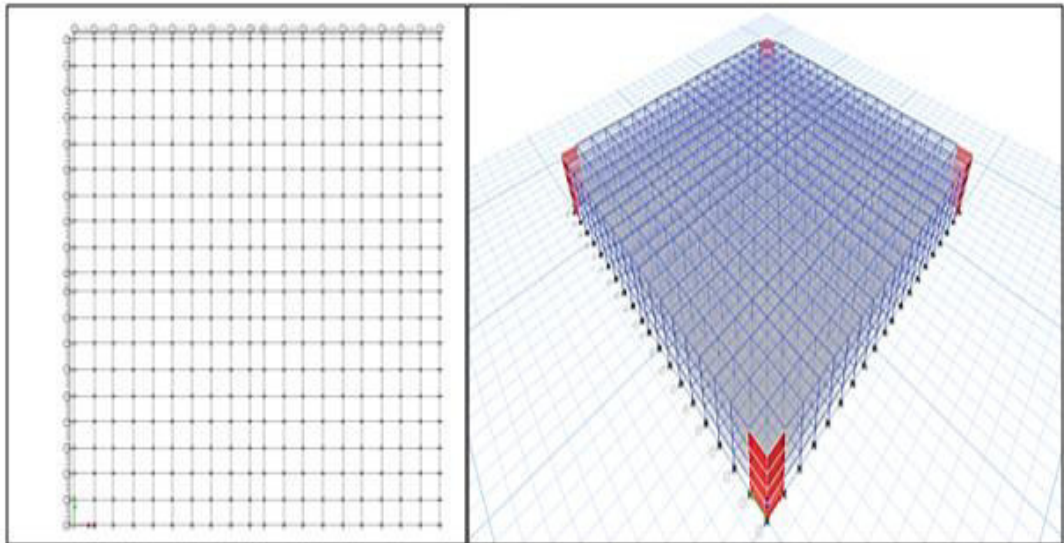


Figura 50. Análisis estructural
Elaboración: el autor

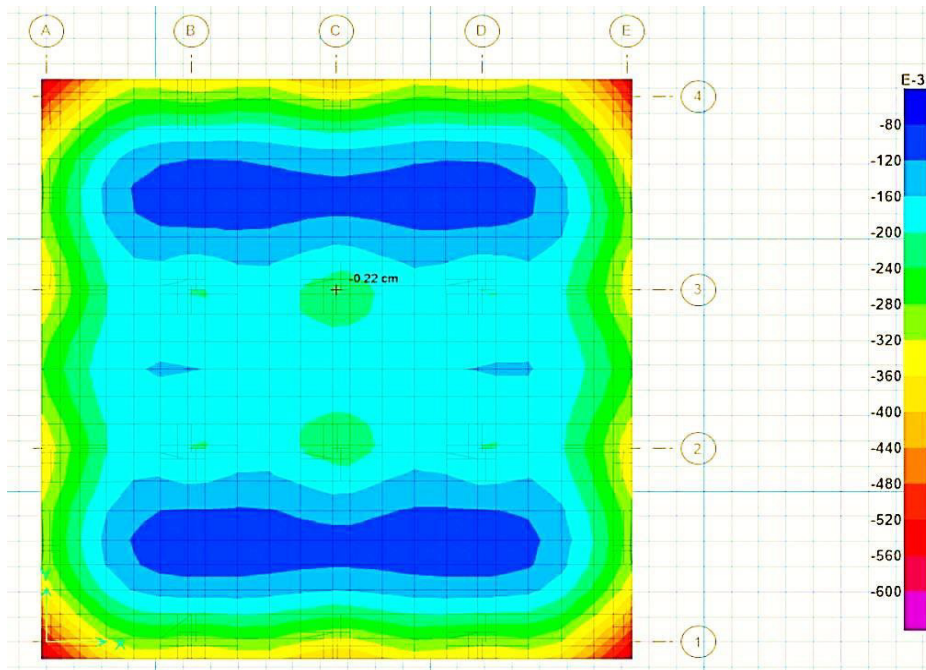


Figura 51. Modelamiento de la cimentación en SAFE2014
Elaboración: el autor

Con el resultado del modelamiento obtenido se cumple los esfuerzos actuantes que son menores a la capacidad portante del terreno de fundación, donde a partir de esta evaluación se puede considerar que la cimentación propuesta es viable para la construcción del mercado modelo Villas de Ancón, con 4 niveles.

Capacidad de Asentamiento: 0.22cm cumple el Resultado

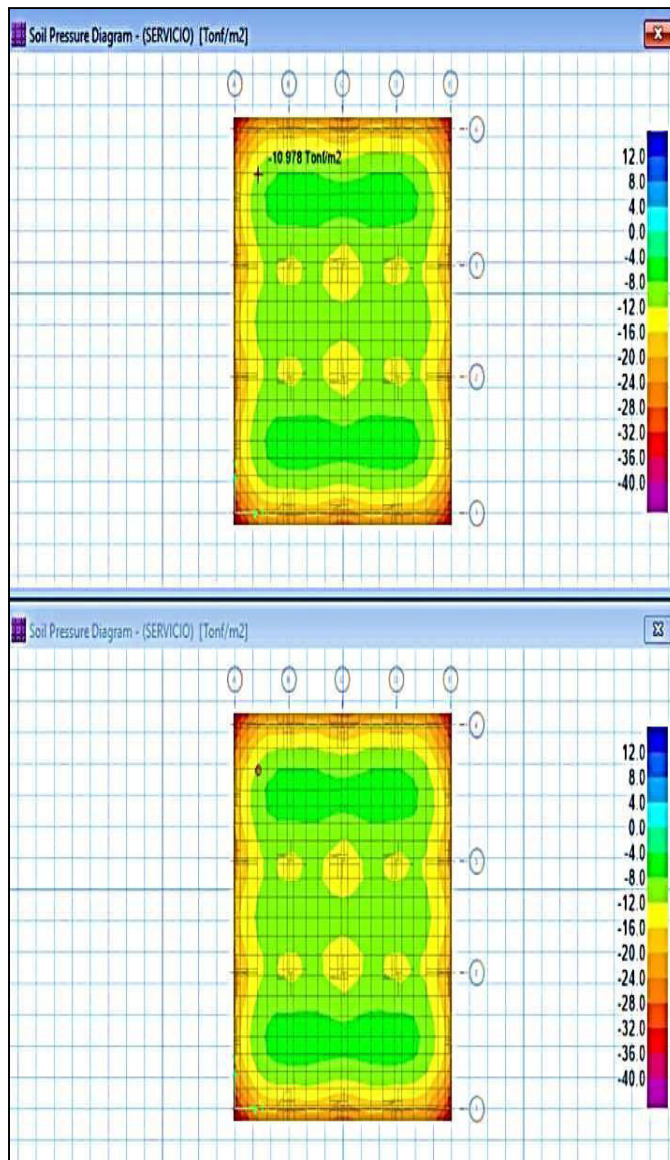


Figura 52. Esfuerzos actuantes en la cimentación en SAFE2014
Elaboración: el autor

Peso de Carga por m²: 1.2 Tonf/m²

Área Tributaria de Columna Central: 4.00m²

Número de pisos: 4 Niveles

Peso total que soporta el punto de columna en la Base: 19.20 Tonf/m².

Capacidad portante del punto en el Safe 2014: 10.978 Tonf/m²

Resultado Final: 14.129 Tonf/m² es menor a 21.87 Tonf/m², por lo tanto el diseño es correcto.

Los esfuerzos actuantes son menores a la capacidad Portante del terreno con lo cual se concluye que la cimentación es correcta.

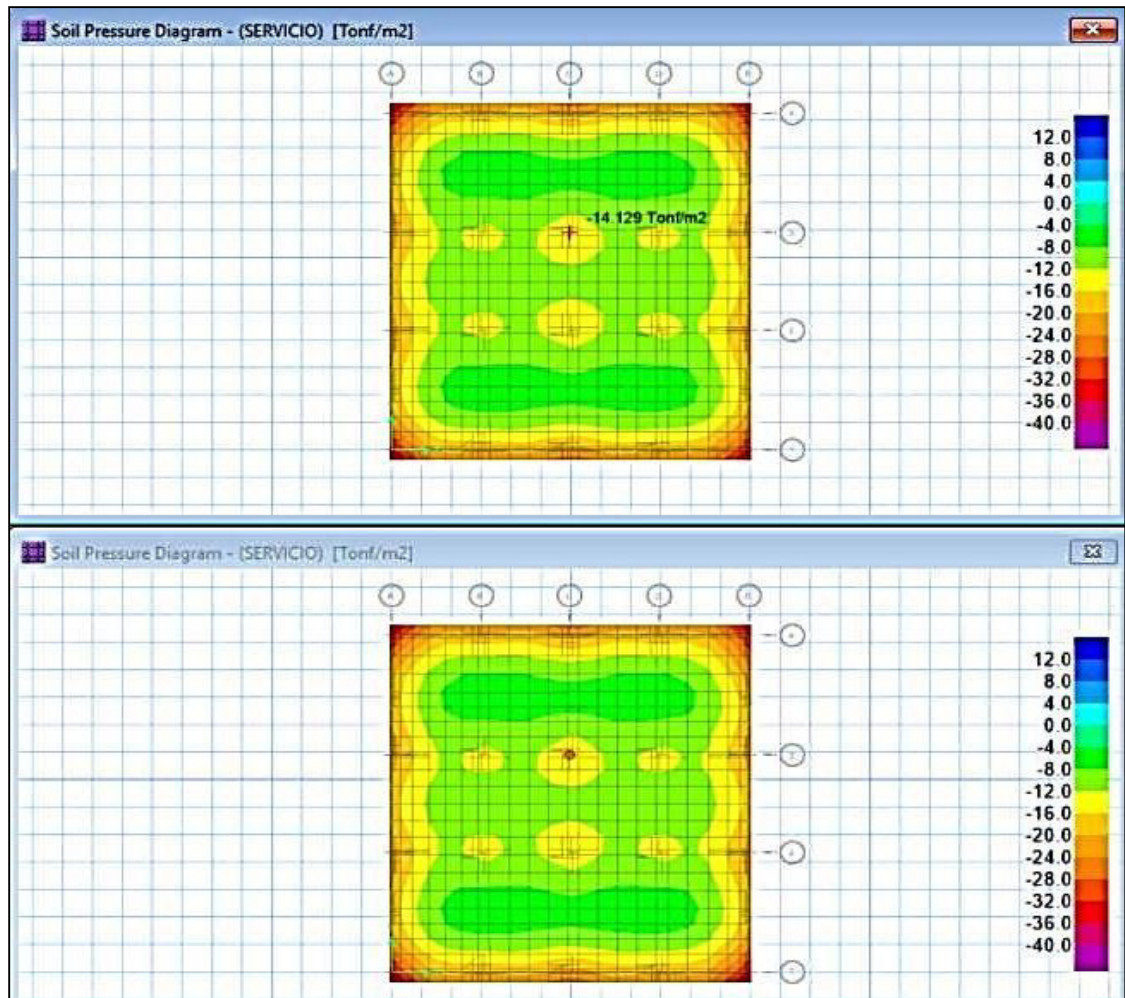


Figura 53. Esfuerzos actuantes en la cimentación en SAFE2014
Elaboración: el autor

Peso de Carga por m2: 1.2 Tonf/m2

Área Tributaria de Columna Central: 16.00m2

Número de pisos: 4 Niveles

Peso Total que soporta el punto de Columna en la Base: 76.80

Tonf/m2 Capacidad portante del punto en el Safe 2014: 14.129
Tonf/m2

Resultado Final: 14.129 Tonf/m2 es menor a 21.87 Tonf/m2, por lo
tanto el diseño es correcto

Los esfuerzos actuantes son menores a la capacidad portante del
terreno con lo cual se concluye que la cimentación es correcta.

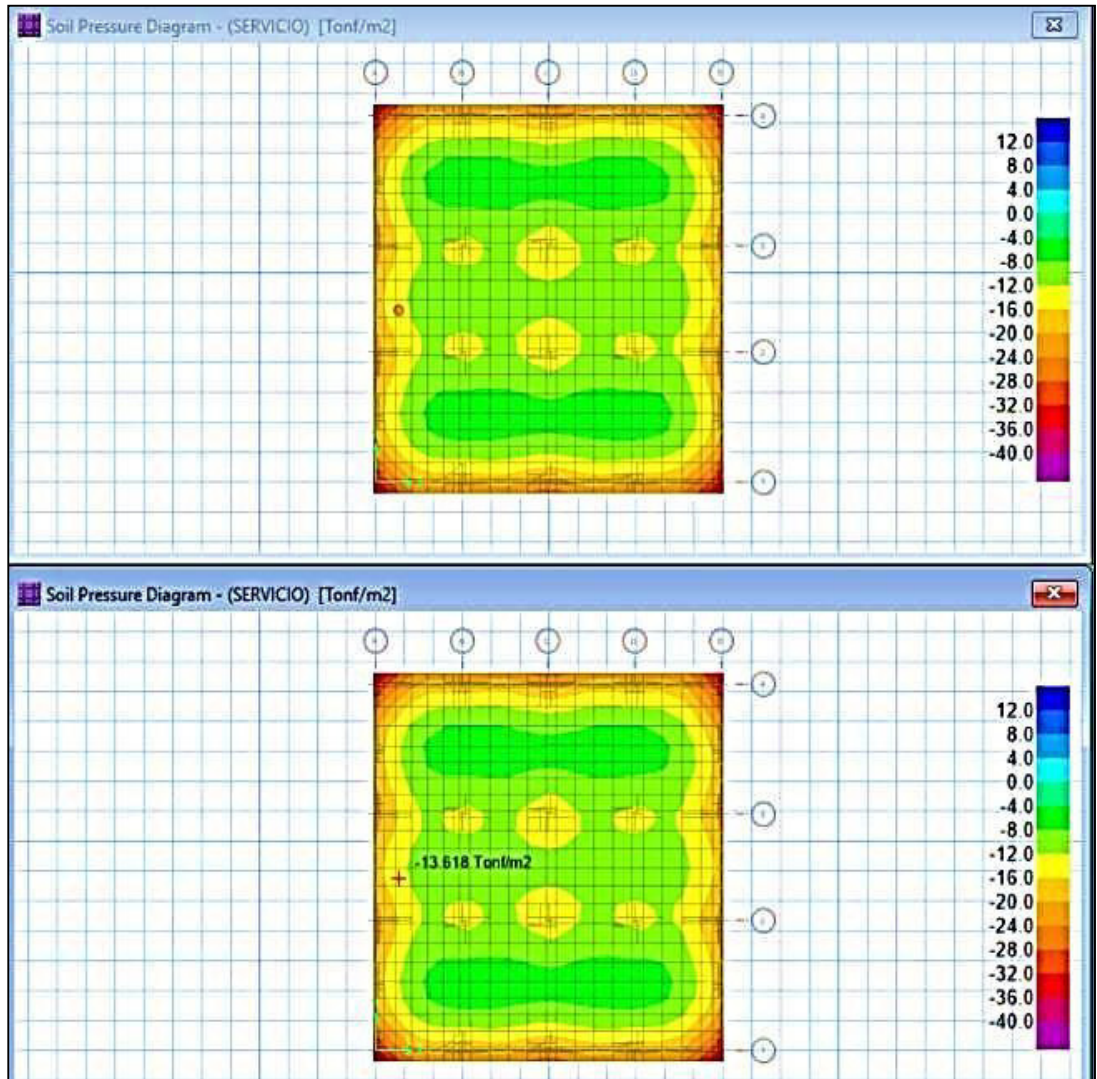


Figura 54. Esfuerzos actuantes en la cimentación en SAFE2014
Elaboración: el autor

Peso de Carga por m²: 1.2 Tonf/m².

Área Tributaria de Columna Central: 8.00m².

Número de pisos: 4 Niveles

Peso Total que soporta el punto de Columna en la Base: 38.40 Tonf/m².

Capacidad portante del punto en el Safe 2014: 13.618 Tonf/m²

Resultado Final: 13.618Tonf/m² es menor a 21.87 Tonf/m², por lo tanto el diseño es correcto

Los esfuerzos actuantes son menores a la capacidad portante del terreno con lo cual se concluye que la cimentación es correcta.

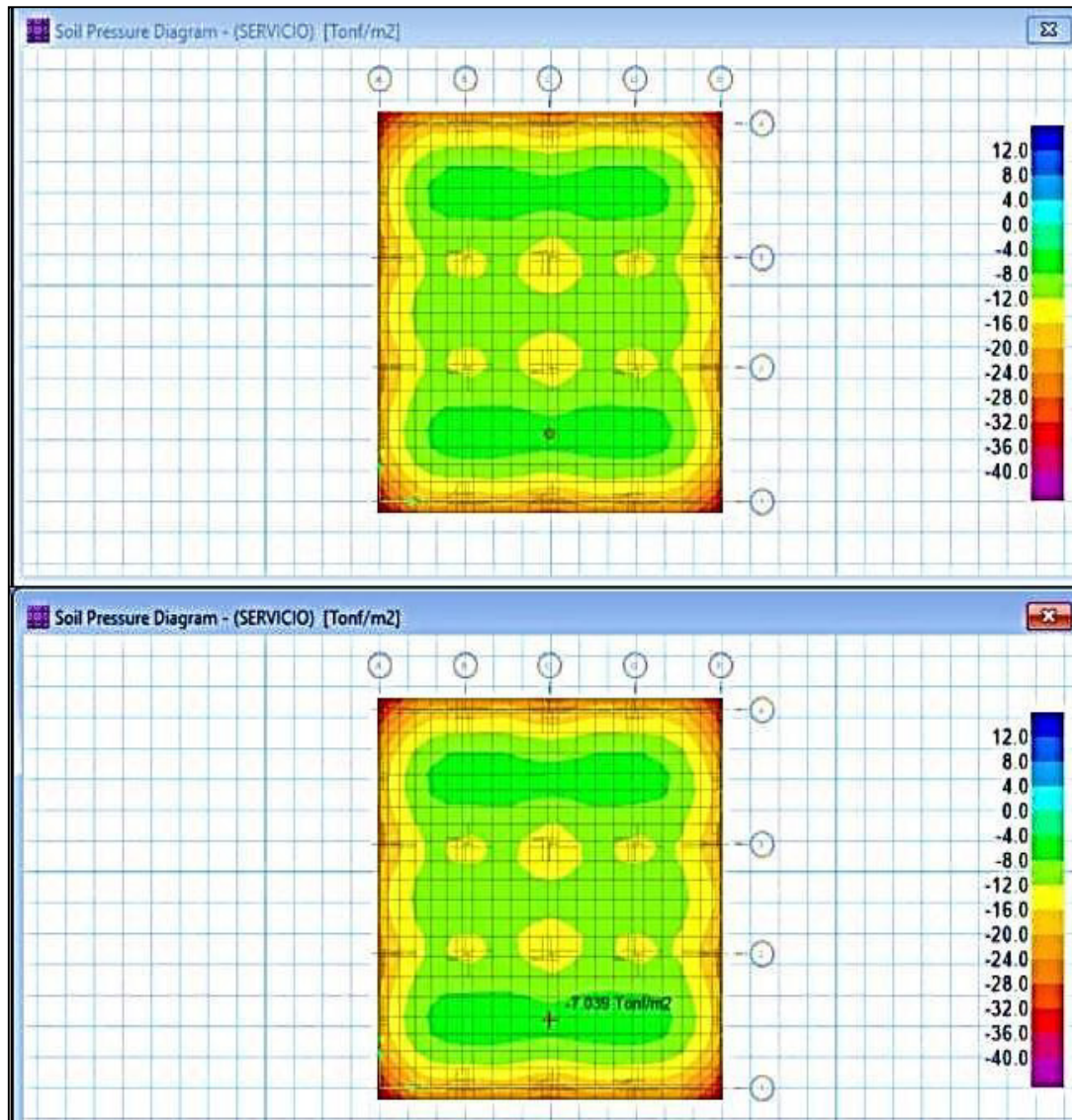


Figura 55. Esfuerzos actuantes en la cimentación en SAFE2014
Elaboración: el autor

Peso de Carga por m²: 1.2 Tonf/m².

Área Tributaria de Columna Central: 16.00m².

Número de pisos: 4 Niveles

Peso Total que Soporta el punto de Columna en la Base: 76.80 Tonf/m².

Capacidad portante del punto en el Safe 2014: 7.039 Tonf/m²

Resultado Final: 7.039Tonf/m² es menor a 21.87 Tonf/m², por lo tanto el diseño es correcto

Los esfuerzos actuantes son menores a la capacidad portante del terreno con lo cual se concluye que la cimentación es correcta.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 Discusión

En la investigación realizada se observa una mejor confiabilidad en el diseño de cimentación y poder abrir la brecha de estudio en la zona que es de alta intensidad sísmica. Esto genera aportes técnicos, que desarrollarán como piloto de infraestructura en la asociación popular las Lomas de Ancón; así se podría ampliar la línea de investigación realizando mapeo de zonificación y definiendo los parámetros urbanísticos del lugar y que las autoridades tomen el interés por mejorar la calidad de la infraestructura en la zona.

La asociación popular las Lomas de Ancón, ubicado en el distrito de Ancón, no cuenta con parámetro urbanístico definido por la municipalidad debido a que estas áreas aún se encuentran en proceso de regularización. El desconocimiento de la población en los aspectos técnicos, hicieron construir sus viviendas de manera informal. Hoy en día la asociación cuenta con 20,970 habitantes(estimado), sin contar con agua y saneamiento, por lo que están usando pozos sépticos para su servicio higiénico, contaminando el terreno de fundación para las cimentaciones de la zona. Se observa las edificaciones sin las condiciones técnicas, con la presencia de material orgánico y aguas grises en el suelo y más aún, con la presencia de arena producto de un aluvión de depósito.

CONCLUSIONES

- 1 Lo suelos presentes en el área de estudio están comprendidas por un esquema de origen aluvial y pertenecen al abanico fluvial del río Chillón. El perfil estratégico de las seis calicatas de exploración presenta suelos arenosos, clasificados como arena mal graduada (SP) de espesor variable. El material gravoso se ubicó en distintos lugares a profundidades de 4m.
- 2 La capacidad portante admisible obtenida del terreno de fundación es de 216.26 KN/m² (2.21 kg/cm²), lo que permitiría diseñar la platea de cimentación propuesto para la edificación de 4 niveles del mercado modelo Villas de Ancón.
- 3 Los niveles de sulfato y cloruros están por debajo de los niveles perjudiciales, no afectarían a la cimentación de la edificación del mercado modelo.

RECOMENDACIONES

- 1 Implementar los parámetros urbanísticos en la asociación popular las Lomas de Ancón.
- 2 Seguir con la línea de investigaciones para desarrollar perforaciones más profundas y mayor cantidad de ensayos de corte con diferentes profundidades. Asimismo, llevar un monitoreo de su comportamiento durante la construcción.
- 3 Utilizar cualquier tipo de cemento para todas las estructuras de concreto que se usarán en el mercado modelo.
- 4 Aplicar la profundidad de desplante a partir de 1.50m de profundidad que es el nivel de exploración.
- 5 Aplicar el resultado en la presente investigación para el área de influencia en cada calicata.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas

- Bell, F. (1978). *Foundation Engineering in Difficult Ground(First ed.)*. London: Butterwork & Co (Publishers)Ltd.
- Berry, P., & Reid, D. (1993). Capacidad portante de cimentación superficiales en arcilla. Reid, *Mecánica de Suelo* (pág. 324). Santa Fe de Bogotá,Colombia.: Martha Edna Suarez R.
- Bowles, J. (1979). *Physical and Geotechnical Properties of Soils (International student ed.)*. Auckland: McGraw-Hill international Book Company.
- Briaud, J. (2007). *Spread Footingsin Sand:Load settlement curve approach*.*Journal of Geotechnical and Environmental Engineering,ASCE,133(8),PP.905-920*.
- Briaud, J., & Gibbens, R. (1999). *Behaviour of Five Large Spread Footings in Sand*. En *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* (págs. ASCE,125(9),pp.787-796).
- Cassan, M. (1982). Metodología de un estudio de suelo. En *Los ensayos IN SITU en la Mecánica de suelo* (pág. 21). Barcelona-24-España: Ediotres técnicos asociados S.A.
- Colombo, P., & Colleselli, F. (1996). *Elementi di Geotecnica(Seconda ed.)*. Bogotá: Zanichelli Editore.
- Das, B. (2013). Teoría de Terzaghi de la capacidad última de carga. En B. Das, *Fundamento de ingeniería geotécnica* (pág. 481). México: CENGAGE Learning.

- Das, B. (2014). *Fundamento de Ingeniería Geotécnica*. México: Cengage.
- Darwin, A. (2016). Aplicación metodológica de respuesta en la determinación de resistencia simple de suelos arcillosos. *Ingeniería geotécnica*. facultad de Ingeniería geológica de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Jimenez, j., & De justo, J. (1975). *Geotecnia y cimientos*. Madrid: Rueda.
- Piqué, J. (2007). *criterio de Evaluación del diseño Sismoresistentes en el Perú*. Lima: Uni.
- Ralph, B., & Peck. (1967). *Foundation Engineering* . Jalisco : Limusa Wiley.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). Filosofía y principios del diseño sismoresistente. En R. N. Edificaciones, *Filosofía y principios del diseño sismoresistente* (pág. 319). Lima: Grupo Universitario S.a.c.
- Reid, D., & Berry, P. (1993). Procedimiento de diseño de cimentaciones superficiales en arena. En P. berry, & D. Reid, *Mecánica de Suelo* (pág. 341). Santafé de Bogota, Colombia: Martha Edna Suárez R.
- Reimbert, M., & Reimbert, A. (1978). Presiones y asentamiento de la cimentaciones. En *Presiones y asentamientos de las cimentaciones superficiales* (pág. 50). Barcelona: Editores Tecnicos Asociados S.A.
- Tan, & Duncan. (1991). Soluciones de zapatas en arena. En *Precisión y Fiabilidad Actas del Congreso Geotécnico , vol. 1* (págs. pp. 446 - 455). Nueva York.
- Terzaghi, K., & Peck, R. (1973). *Mecánica de Suelos en la ingeniería Práctica(Segunda ed.)*. Barcelona,España: El Ateneo.
- Villaluz, C. (2004). La Arena. En *Mecánica de suelo y Cimentaciones* (pág. 22). Limusa-México: Limusa S.A Dde cv. Grupo Noriega Editores.
- Wesley, L. (2010). *Fundamentals of Soil Mechanics for Sedimentary and Residual Soils*. New York: John Wiley & Sons,Inc.
- whitlow, R. (1989). Factor en diseño de cimentacion superficiales. En R. Whitlow, *Fundamento de Mecánica de Suelos* (pág. 478). México: Educativos,SAC.

Hemerográficas

- Angulo, W. (2017). *El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto*. Lima Perú: RRP .
- Ortiz, I. (2015). Algunos mitos sobre la posesión informal y la prescripción adquisitiva de dominio. *Parthenon*, Principal.

ANEXOS

| | Página |
|--|---------------|
| Anexo I. Parámetros establecidos por la Norma E.030 Diseño Sismo resistente 2018 | 87 |
| Anexo II. Perfil estratigráfico del suelo en estudio | 89 |
| Anexo III. Análisis Granulométricos | 95 |
| Anexo IV. Ensayo por corte directo | 101 |
| Anexo V. Ensayo Próctor Modificado ASTM D 1557(A) | 105 |
| Anexo VI. Dimensión 1.0 m, Df=1.50m | 109 |
| Anexo VII. Panel de fotos | 139 |
| Anexo VIII. Planos | 143 |

Anexo I
**Parámetros establecidos por la Norma E.030 Diseño Sismo
resistente 2018**

Tabla 6. Clasificación de los perfiles del suelo

| Perfil | \bar{v}_s | \bar{N}_{60} | \bar{S}_U |
|----------------|--------------------------------|----------------|------------------|
| S ₀ | >1500 m/s | - | - |
| S ₁ | 500 m/s a 1500 m/s | >50 | >100 kPa |
| S ₂ | 180 m/s a 500 m/s | 15 a 50 | 50 kPa a 100 kPa |
| S ₃ | <180 m/s | <15 | 25 kPa a 50 kPa |
| S ₄ | Clasificación basada en el EMS | | |

Fuente: Proyecto de Norma E.030 de Diseño Sismo resistente 2018

Tabla 7. Perfiles de suelo

| Tipo | Descripción |
|----------------|---------------------------|
| S ₀ | Roca Dura |
| S ₁ | Roca o Suelos Muy Rígidos |
| S ₂ | Suelos Intermedios |
| S ₃ | Suelos Blandos |
| S ₄ | Condiciones Especiales |

Fuente: Proyecto de Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2018

Tabla 8. Factor "S" por tipo de perfil de suelo

| SUELO ZONA | 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 |
| Z ₂ | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Z ₁ | 0.80 | 1.00 | 1.60 | 2.00 |

Fuente: Proyecto de Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2018

Tabla 9. Periodo "TP" y "TL" por tipo de perfil de suelo

| SUELO PERFIL | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| T _P (s) | 0.30 | 0.40 | 0.60 | 1.00 |
| T _L (s) | 3.00 | 2.50 | 2.00 | 1.60 |

Fuente: Proyecto de Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2018

Anexo II

Perfil estratigráfico del suelo en estudio

C-1

REGISTRO DE EXCAVACIÓN


PROYECTO : CONSTRUCCION DE MERCADO LOMAS DE ANCON

UBICACIÓN : ASOCIACION POPULAR LOMAS DE ANCON

: **DISTRITO ANCON, PROVINCIA LIMA**

FECHA : mayo 2018

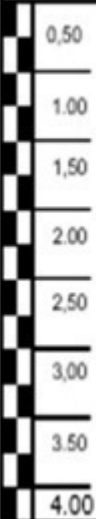

| CALICATA | Prof.(m). | Prof.(m.) N.F. | UBICACIÓN | ESTRUCTURA |
|----------|-----------|----------------|-----------|------------|
| P-1 | 4.0 | -- | NORTE | |

| Profundidad (m) | Tipo Excavación | Muestra | Simbología | Descripción | Clasificación Visual (SUCS) | Clasificación Terreno (excav.) |
|--|----------------------------|---------|---|--|-----------------------------|--------------------------------|
| 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | M1 |  | Arena de color marrón oscuro, en estado semicompacto, material ligeramente húmedo. | SP | Terreno Normal |

Calicata C - 2
REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : CONSTRUCCION DE MERCADO LOMAS DE ANCON
 UBICACIÓN : ASOCIACION POPULAR LOMAS DE ANCON
 : **DISTRITO ANCON, PROVINCIA LIMA**
 FECHA : Mayo 2018

| CALICATA | Prof.(m). | Prof.(m.) N.F. | UBICACIÓN | ESTRUCTURA |
|----------|-----------|----------------|--------------|------------|
| p-2 | 4.0 | -- | NORTE | |

| Profundidad (m) | Tipo Excavación | Muestra | Simbología | Descripción | Clasificación Visual (SUCS) | Clasificación Terreno (pccax.) |
|---|----------------------------|---------|---|---|-----------------------------|--------------------------------|
|  0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | M1 |  | Arena de color marrón oscuro, en estado seco comocao , material ligeramente húmedo . | SP | Terreno Normal |

Calicata C-3

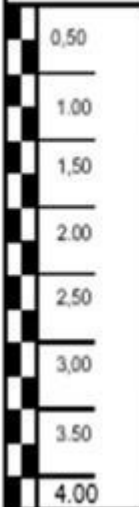

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : CONSTRUCCION DE MERCADO LOMAS DE ANCON

UBICACIÓN : ASOCIACION POPULAR LOMAS DE ANCON
 : **DISTRITO ANCON, PROVINCIA LIMA**

FECHA : Mayo 2018

| CALICATA | Prof(m). | Prof.(m) N.F. | UBICACIÓN | ESTRUCTURA |
|----------|----------|---------------|------------|------------|
| P- 3 | 4.0 | .. | SUR | |



| Profundidad (m) | Tipo Excavación | Muestra | Simbología | Descripción | Clasificación Visual (SUCS) | Clasificación Terreno (excav.) |
|---|----------------------------|---------|---|--|-----------------------------|--------------------------------|
|  0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | M1 |  | Arena de color marrón oscuro, en estado seco compacto , material ligeramente húmedo . | SP | Terreno Normal |

Calicata C-4

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : CONSTRUCCION DE MERCADO LOMAS DE ANCON
UBICACIÓN : ASOCIACION POPULAR LOMAS DE ANCON
 : **DISTRITO ANCON, PROVINCIA LIMA**
FECHA : Mayo 2018

| CALICATA | Prof(m). | Prof.(m.) N.F. | UBICACIÓN | ESTRUCTURA |
|----------|----------|----------------|------------|------------|
| p- 4 | 4.0 | -- | SUR | |

| Profundidad (m) | Tipo Excavación | Muestra | Simbología | Descripción | Clasificación Visual (SUCS) | Clasificación Terreno (excav.) |
|--|----------------------------|---------|---|--|-----------------------------|--------------------------------|
|  0.50 1.00 1.50 2.00 2.50 3.00 3.50 4.00 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | M1 |  | Arena de color marrón oscuro, en estado compactación , material ligeramente húmedo . | SP | Terreno Normal |

Calicata C-5

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

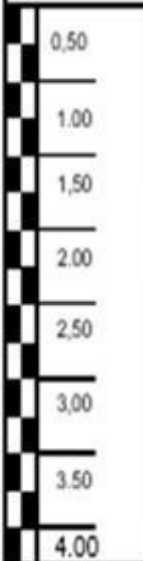

PROYECTO : CONSTRUCCION DE MERCADO LOMAS DE ANCON

: ASOCIACION POPULAR LOMAS DE ANCON

UBICACIÓN : **DISTRITO ANCON, PROVINCIA LIMA**

FECHA : Mayo 2018

| CALICATA | Prof(m). | Prof.(m.) N.F. | UBICACIÓN | ESTRUCTURA |
|----------|----------|----------------|-------------|------------|
| p- 5 | 4.0 | .. | ESTE | |

| Profundidad (m) | Tipo Excavación | Muestra | Simbología | Descripción | Clasificación Visual (SUICS) | Clasificación Terreno (SUCAL) |
|---|----------------------------|---------|---|---|------------------------------|-------------------------------|
|  0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | M1 |  | Arena de color marrón oscuro, en estado semicomacto , material ligeramente húmedo | SP | Terreno Normal |

Calicata C-6

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

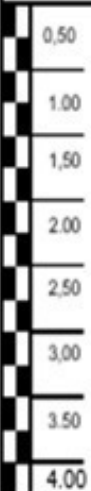

PROYECTO : CONSTRUCCION DE MERCADO LOMAS DE ANCON

UBICACIÓN : ASOCIACION POPULAR LOMAS DE ANCON

: **DISTRITO ANCON, PROVINCIA LIMA**

FECHA : Mayo 2018

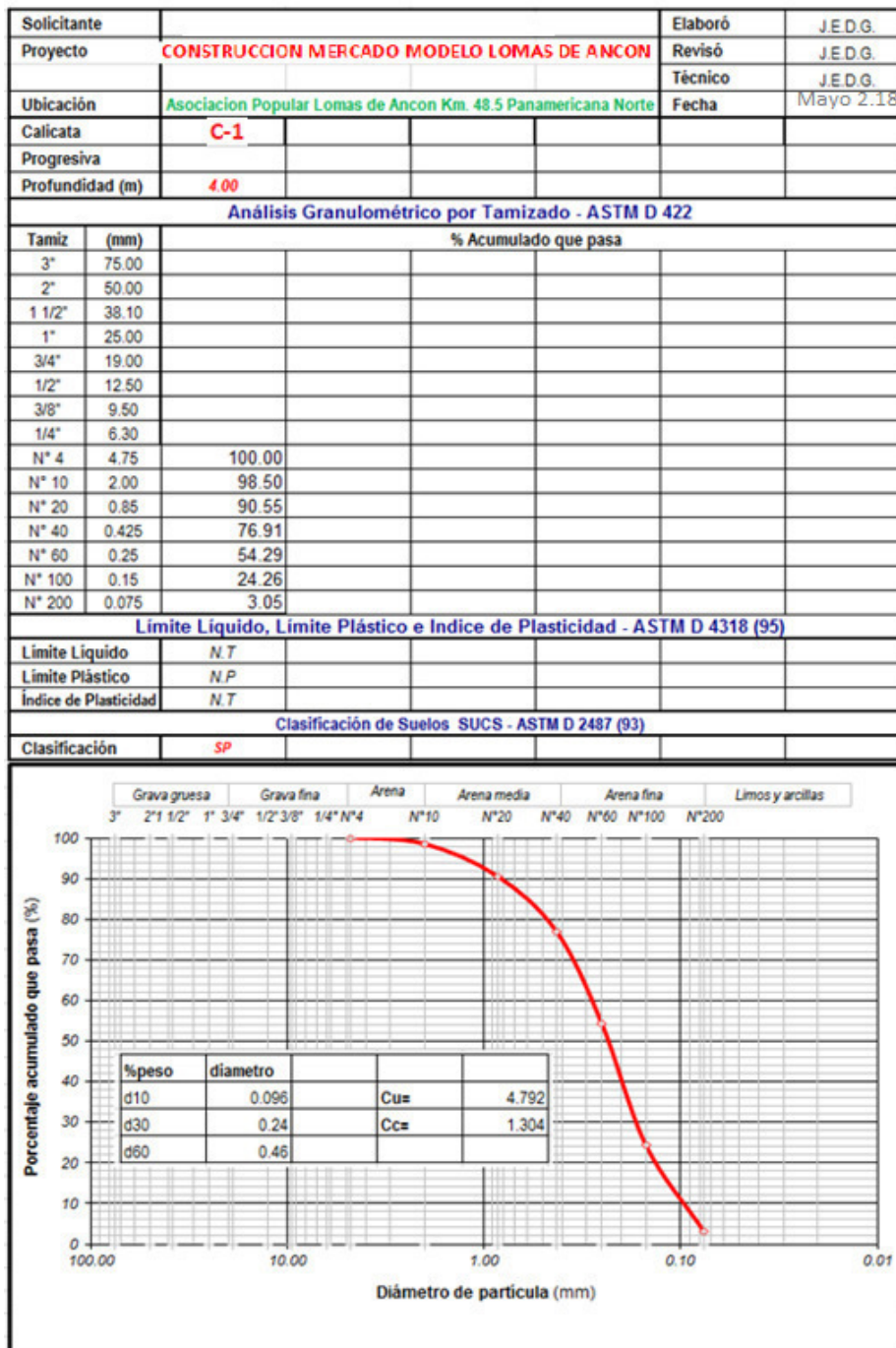
| CALICATA | Prof.(m). | Prof.(m.) N.F. | UBICACIÓN | ESTRUCTURA |
|----------|-----------|----------------|--------------|------------|
| P- 6 | 4.0 | .. | OESTE | |

| Profundidad (m) | Tipo Excavación | Muestra | Simbología | Descripción | Clasificación Visual (SUCS) | Clasificación Terreno (SUCS) |
|---|----------------------------|---------|---|---|-----------------------------|------------------------------|
|  0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | M1 |  | Arena de color marrón oscuro, en estado semicompato material ligeramente húmedo | SP | Terreno Normal |

Anexo III

Análisis granulométricos

Calicata C-1



Calicata C-2

| | | | |
|-----------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | Mayo 2018 |
| Calicata | C-2 | | |
| Progresiva | | | |
| Profundidad (m) | 4.00 | | |

Análisis Granulométrico por Tamizado - ASTM D 422

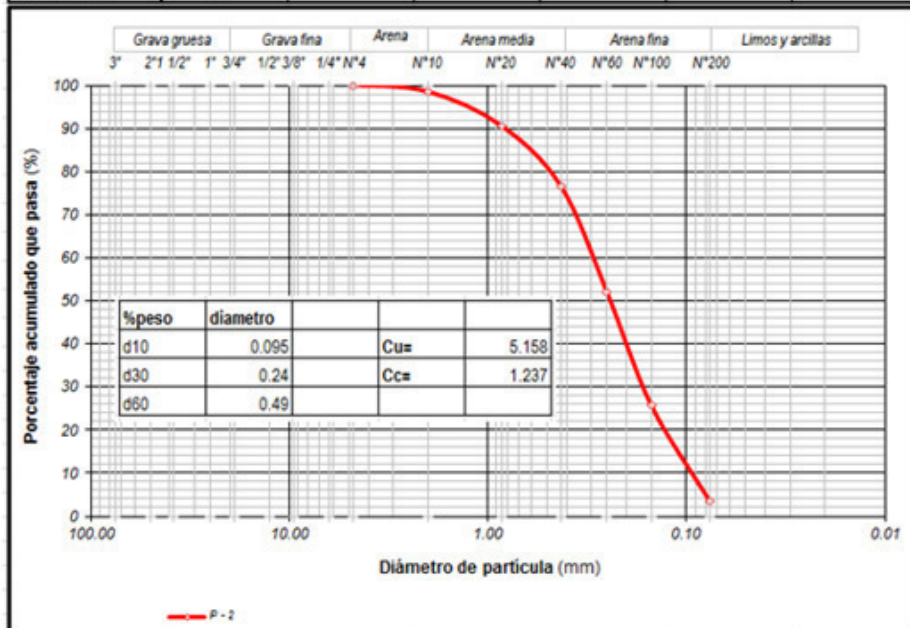
| Tamiz | (mm) | % Acumulado que pasa | | | |
|--------|-------|----------------------|--|--|--|
| 3" | 75.00 | | | | |
| 2" | 50.00 | | | | |
| 1 1/2" | 38.10 | | | | |
| 1" | 25.00 | | | | |
| 3/4" | 19.00 | | | | |
| 1/2" | 12.50 | | | | |
| 3/8" | 9.50 | | | | |
| 1/4" | 6.30 | | | | |
| N° 4 | 4.75 | 100.00 | | | |
| N° 10 | 2.00 | 98.50 | | | |
| N° 20 | 0.85 | 90.57 | | | |
| N° 40 | 0.425 | 76.48 | | | |
| N° 60 | 0.25 | 52.05 | | | |
| N° 100 | 0.15 | 25.60 | | | |
| N° 200 | 0.075 | 3.38 | | | |

Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad - ASTM D 4318 (95)

| | |
|-----------------------|-----|
| Limite Líquido | N.T |
| Limite Plástico | N.P |
| Índice de Plasticidad | N.T |

Clasificación de Suelos SUCS - ASTM D 2487 (93)

| | |
|---------------|----|
| Clasificación | SP |
|---------------|----|



Calicata C-3

| | | | | | |
|-----------------|---|--|--|---------|-----------|
| Solicitante | | | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | | | Revisó | J.E.D.G. |
| | | | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociación Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | | | Fecha | Mayo 2018 |
| Calicata | C-3 | | | | |
| Progresiva | | | | | |
| Profundidad (m) | 4.00 | | | | |

Análisis Granulométrico por Tamizado - ASTM D 422

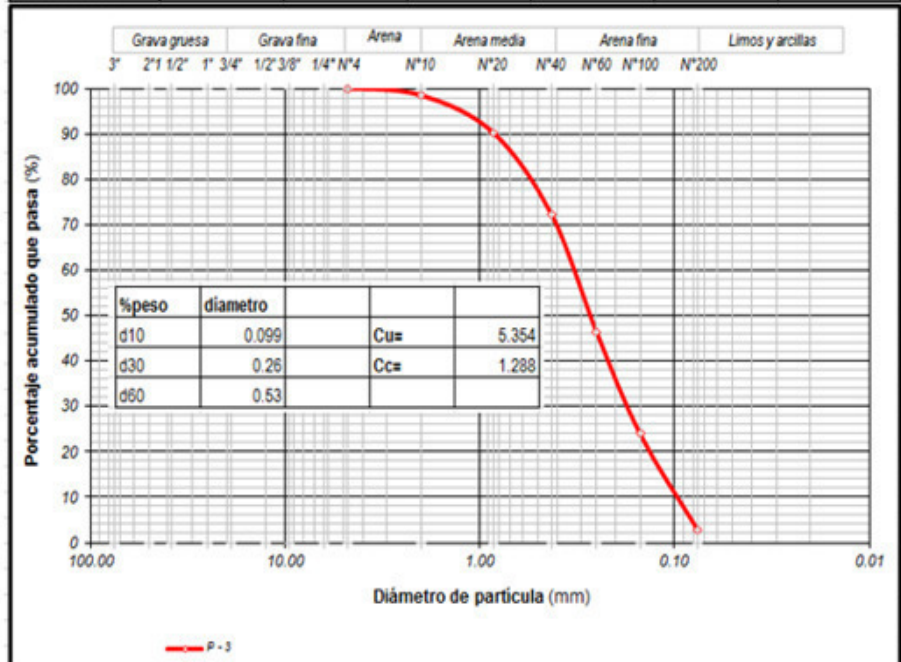
| Tamiz | (mm) | % Acumulado que pasa | | | |
|--------|-------|----------------------|--|--|--|
| 3" | 75.00 | | | | |
| 2" | 50.00 | | | | |
| 1 1/2" | 38.10 | | | | |
| 1" | 25.00 | | | | |
| 3/4" | 19.00 | | | | |
| 1/2" | 12.50 | | | | |
| 3/8" | 9.50 | | | | |
| 1/4" | 6.30 | | | | |
| N° 4 | 4.75 | 100.00 | | | |
| N° 10 | 2.00 | 98.50 | | | |
| N° 20 | 0.85 | 90.28 | | | |
| N° 40 | 0.425 | 72.20 | | | |
| N° 60 | 0.25 | 46.48 | | | |
| N° 100 | 0.15 | 23.92 | | | |
| N° 200 | 0.075 | 2.88 | | | |

Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad - ASTM D 4318 (95)

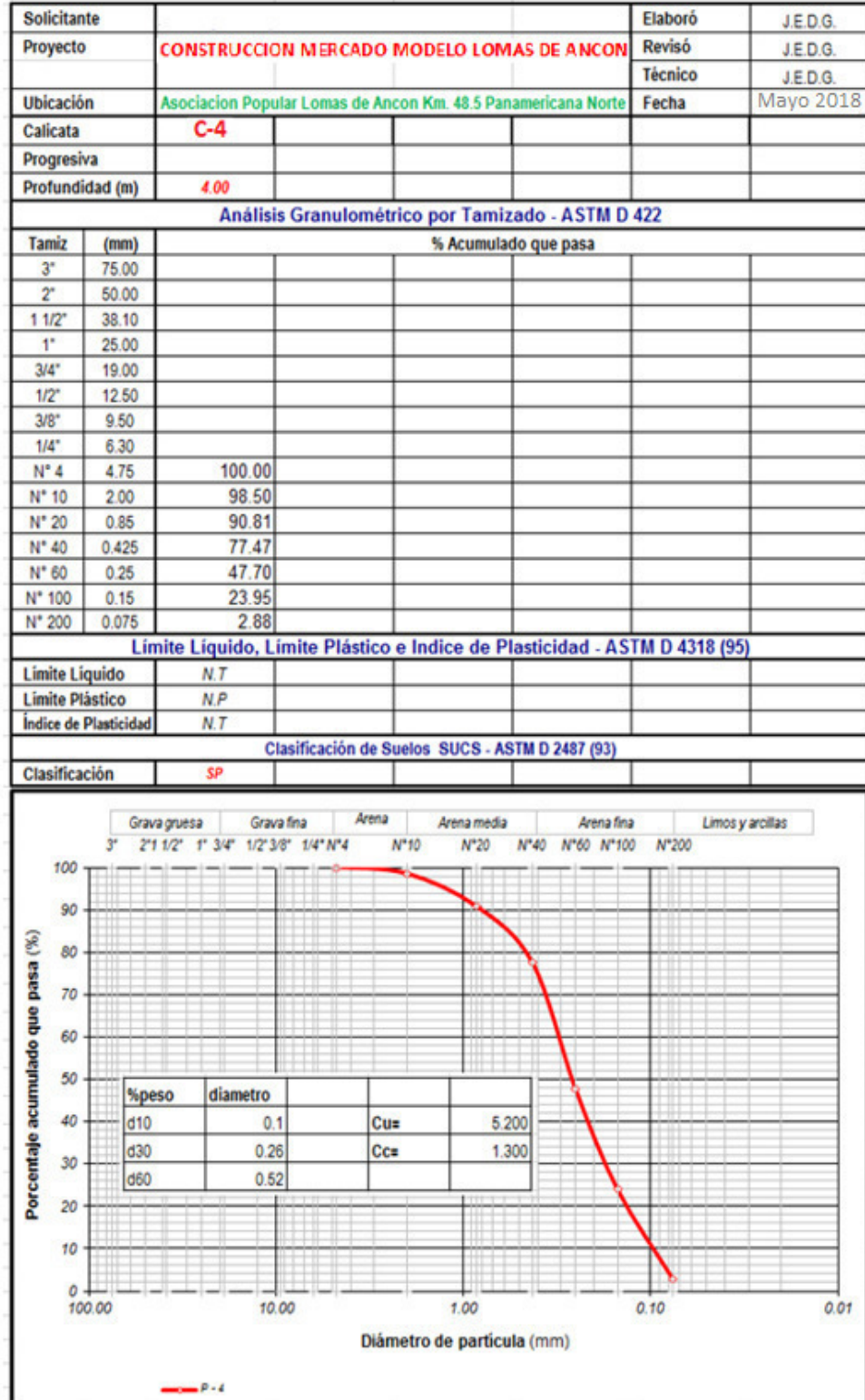
| | | | | |
|-----------------------|-----|--|--|--|
| Limite Líquido | N.T | | | |
| Limite Plástico | N.P | | | |
| Índice de Plasticidad | N.T | | | |

Clasificación de Suelos SUCS - ASTM D 2487 (93)

| | | | | |
|---------------|----|--|--|--|
| Clasificación | SP | | | |
|---------------|----|--|--|--|

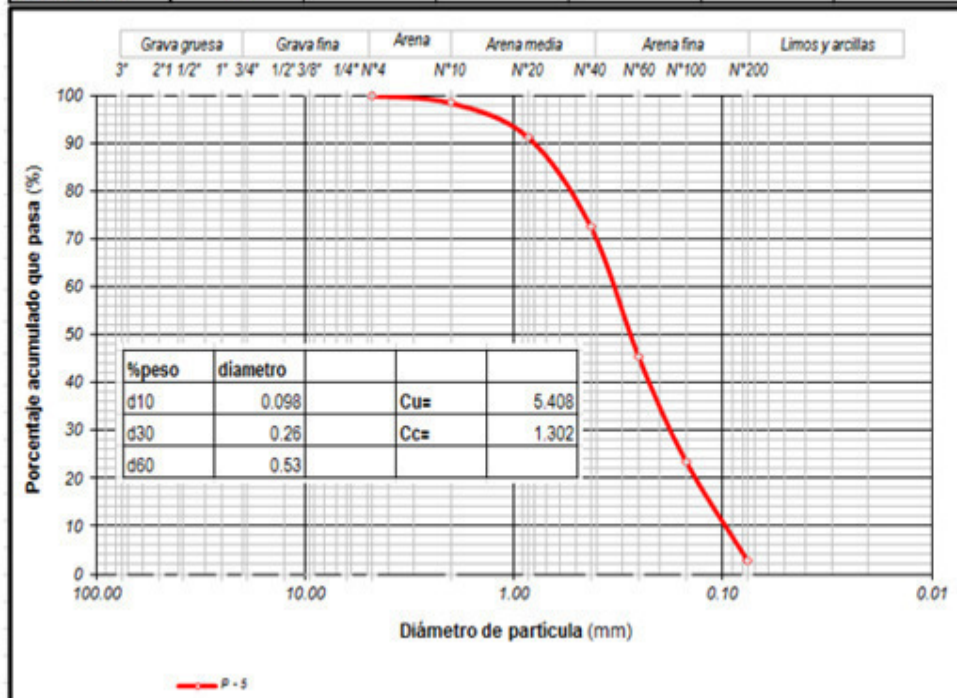


Calicata C-4



Calicata C-5

| | | | | | |
|---|---|----------------------|--|---------|----------|
| Solicitante | | | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | | | Revisó | J.E.D.G. |
| | | | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | | | Fecha | |
| Calicata | C-5 | | | | |
| Progresiva | | | | | |
| Profundidad (m) | 4.00 | | | | |
| Análisis Granulométrico por Tamizado - ASTM D 422 | | | | | |
| Tamiz | (mm) | % Acumulado que pasa | | | |
| 3" | 75.00 | | | | |
| 2" | 50.00 | | | | |
| 1 1/2" | 38.10 | | | | |
| 1" | 25.00 | | | | |
| 3/4" | 19.00 | | | | |
| 1/2" | 12.50 | | | | |
| 3/8" | 9.50 | | | | |
| 1/4" | 6.30 | | | | |
| N° 4 | 4.75 | 100.00 | | | |
| N° 10 | 2.00 | 98.50 | | | |
| N° 20 | 0.85 | 91.30 | | | |
| N° 40 | 0.425 | 72.56 | | | |
| N° 60 | 0.25 | 45.19 | | | |
| N° 100 | 0.15 | 23.47 | | | |
| N° 200 | 0.075 | 2.71 | | | |
| Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad - ASTM D 4318 (95) | | | | | |
| Límite Líquido | N.T | | | | |
| Límite Plástico | N.P | | | | |
| Índice de Plasticidad | N.T | | | | |
| Clasificación de Suelos SUCS - ASTM D 2487 (93) | | | | | |
| Clasificación | SP | | | | |



Calicata C-6

| | | | |
|-----------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | Mayo 2018 |
| Calicata | C-6 | | |
| Progresiva | | | |
| Profundidad (m) | 4.00 | | |

Análisis Granulométrico por Tamizado - ASTM D 422

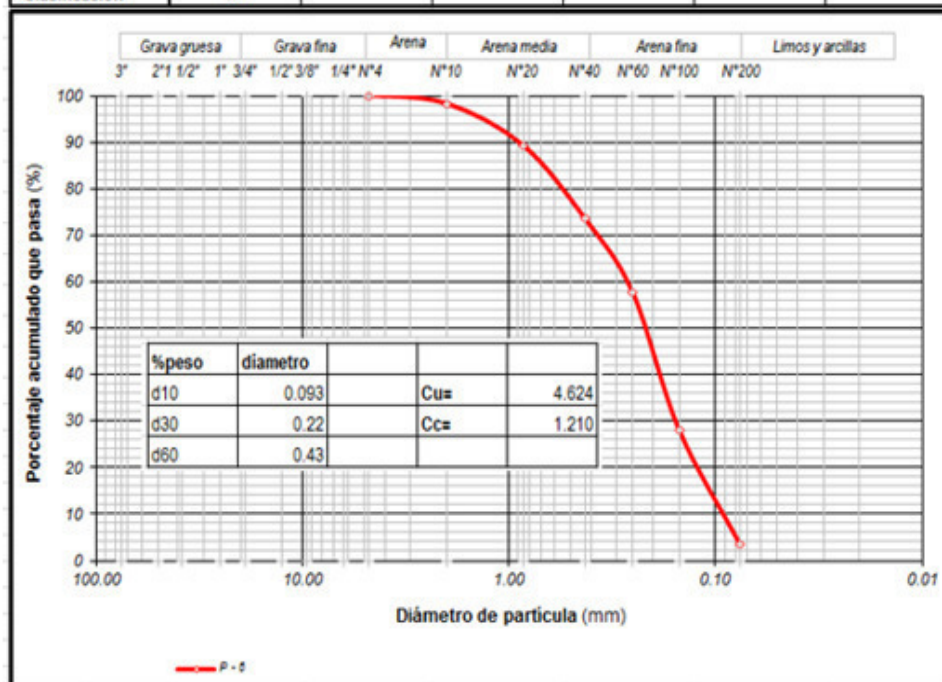
| Tamiz | (mm) | % Acumulado que pasa | | | |
|--------|-------|----------------------|--|--|--|
| 3" | 75.00 | | | | |
| 2" | 50.00 | | | | |
| 1 1/2" | 38.10 | | | | |
| 1" | 25.00 | | | | |
| 3/4" | 19.00 | | | | |
| 1/2" | 12.50 | | | | |
| 3/8" | 9.50 | | | | |
| 1/4" | 6.30 | | | | |
| N° 4 | 4.75 | 100.00 | | | |
| N° 10 | 2.00 | 98.25 | | | |
| N° 20 | 0.85 | 89.28 | | | |
| N° 40 | 0.425 | 73.45 | | | |
| N° 60 | 0.25 | 57.64 | | | |
| N° 100 | 0.15 | 28.13 | | | |
| N° 200 | 0.075 | 3.53 | | | |

Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad - ASTM D 4318 (95)

| | | | |
|-----------------------|-----|--|--|
| Límite Líquido | N.T | | |
| Límite Plástico | N.P | | |
| Índice de Plasticidad | N.T | | |

Clasificación de Suelos SUCS - ASTM D 2487 (93)

| | | | |
|---------------|----|--|--|
| Clasificación | SP | | |
|---------------|----|--|--|



Anexo IV

Ensayo por corte directo

| | | | |
|-----------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | Mayo 2018 |
| Calicata | C-2 | | |
| Progresiva | | | |
| Profundidad (m) | 4.00m | | |

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

| Especimen : | A | B | C |
|---|-------|-------|-------|
| Lado : (cm) | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| Altura : (cm) | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Densidad Seca : (g/cm ³) | 1.74 | 1.74 | 1.74 |
| Humedad Inicial : (%) | 2.12 | 2.12 | 2.12 |
| Humedad Saturado : (%) | 11.84 | 11.67 | 11.45 |
| Esfuerzo Normal : (kg/cm ²) | 0.50 | 1.00 | 2.00 |

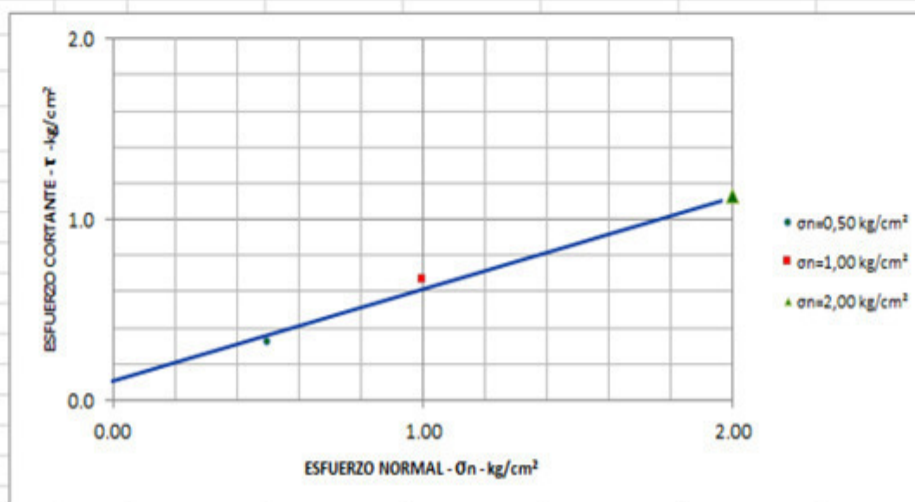
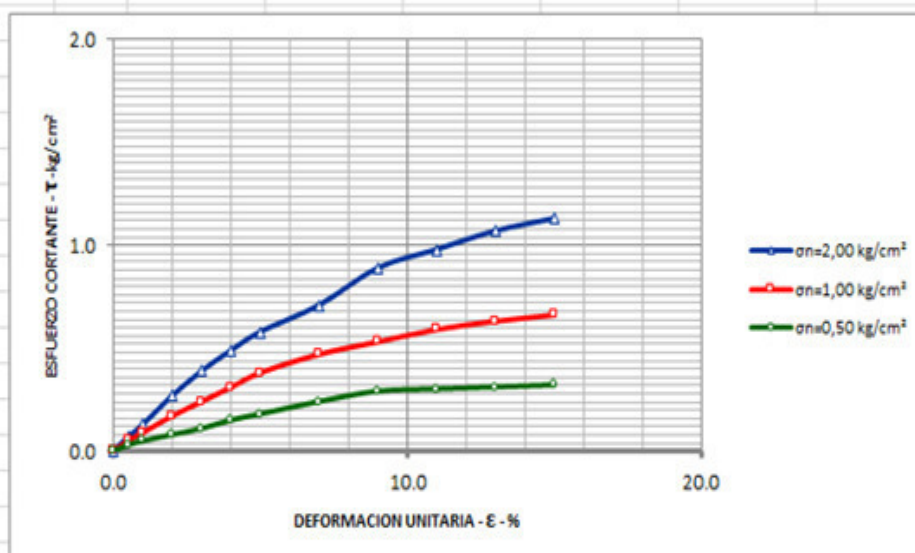
| Deformacion Unitaria (ε-%) | Esfuerzo Cortante (kg/cm ²) | | |
|----------------------------|---|------|------|
| 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.5 | 0.03 | 0.05 | 0.07 |
| 1.0 | 0.05 | 0.09 | 0.13 |
| 2.0 | 0.08 | 0.17 | 0.27 |
| 3.0 | 0.11 | 0.24 | 0.39 |
| 4.0 | 0.15 | 0.31 | 0.49 |
| 5.0 | 0.18 | 0.38 | 0.58 |
| 7.0 | 0.24 | 0.47 | 0.71 |
| 9.0 | 0.29 | 0.53 | 0.89 |
| 11.0 | 0.30 | 0.59 | 0.98 |
| 13.0 | 0.31 | 0.63 | 1.07 |
| 15.0 | 0.32 | 0.66 | 1.13 |

| | | |
|--------------------------------------|-------|-----------------------|
| Angulo de Friccion Interna del Suelo | 24.70 | (°) |
| Cohesion Aparente del Suelo | 0.07 | (kg/cm ²) |

| | | | |
|-------------|---|---------|----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociación Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | |

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

| | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Angulo de Friccion Interna del Suelo | 25.07 (°) |
| Cohesion Aparente del Suelo | 0.05 (kg/cm ²) |
| Densidad Seca | 1.74 (g/cm ³) |
| Humedad Natural | 2.12 (%) |



| | | | |
|-----------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | Mayo 2018 |
| Calicata | C-2 | | |
| Progresiva | | | |
| Profundidad (m) | 4.00m | | |

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

| Especimen : | | A | B | C |
|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| Lado : | (cm) | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| Altura : | (cm) | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Densidad Seca : | (g/cm ³) | 1.74 | 1.74 | 1.74 |
| Humedad Inicial : | (%) | 2.12 | 2.12 | 2.12 |
| Humedad Saturado : | (%) | 11.84 | 11.67 | 11.45 |
| Esfuerzo Normal : | (kg/cm ²) | 0.50 | 1.00 | 2.00 |

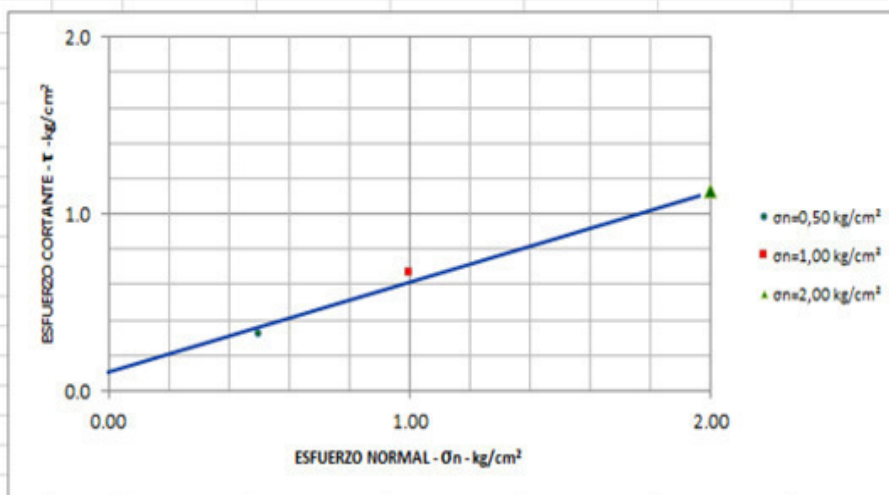
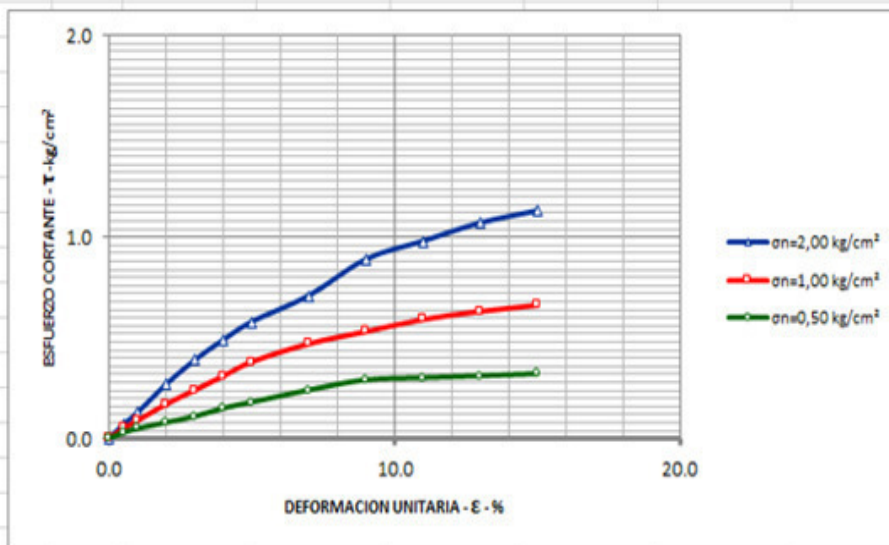
| Deformacion Unitaria (ε-%) | Esfuerzo Cortante (kg/cm ²) | | |
|-------------------------------|--|------|------|
| 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.5 | 0.03 | 0.05 | 0.07 |
| 1.0 | 0.05 | 0.09 | 0.13 |
| 2.0 | 0.08 | 0.17 | 0.27 |
| 3.0 | 0.11 | 0.24 | 0.39 |
| 4.0 | 0.15 | 0.31 | 0.49 |
| 5.0 | 0.18 | 0.38 | 0.58 |
| 7.0 | 0.24 | 0.47 | 0.71 |
| 9.0 | 0.29 | 0.53 | 0.89 |
| 11.0 | 0.30 | 0.59 | 0.98 |
| 13.0 | 0.31 | 0.63 | 1.07 |
| 15.0 | 0.32 | 0.66 | 1.13 |

| | | |
|--------------------------------------|-------|-----------------------|
| Angulo de Friccion Interna del Suelo | 24.70 | (°) |
| Cohesion Aparente del Suelo | 0.07 | (kg/cm ²) |

| | | | |
|-------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | Mayo 2018 |

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D - 3080

| | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Angulo de Friccion Interna del Suelo | 24.70 (°) |
| Cohesion Aparente del Suelo | 0.07 (kg/cm ²) |
| Densidad Seca | 1.76 (g/cm ³) |
| Humedad Natural | 2.90 (%) |

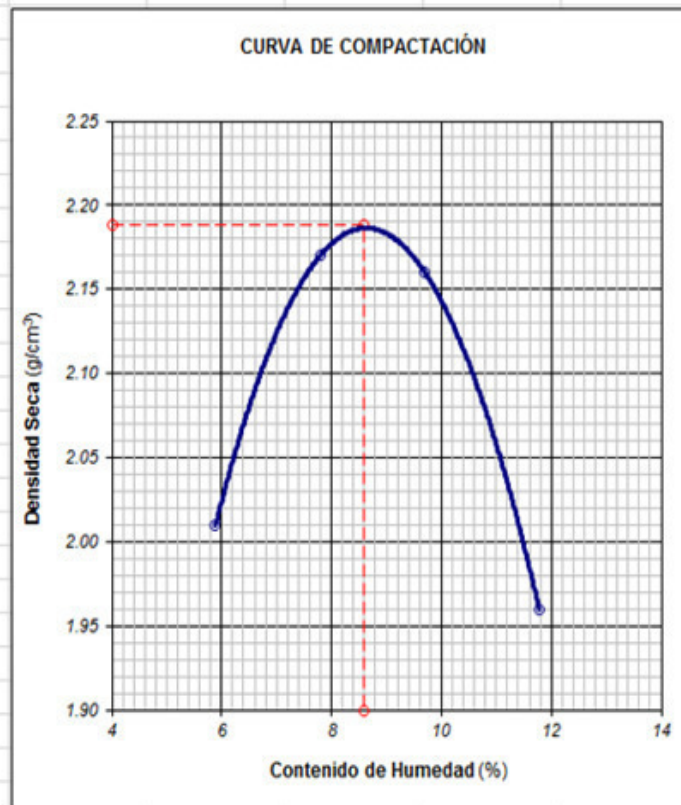


Anexo V

Ensayo Próctor Modificado ASTM D 1557(A)

| | | | |
|-------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | Mayo 2018 |

| | |
|-------------|-------|
| Muestra | C-1 |
| Profundidad | 4.00m |



| Próctor Modificado - ASTM D 1557 (A) | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|------|---------------------|-------|
| Densidad Seca | 2.01 | 2.17 | 2.16 | 1.96 |
| Humedad | 5.89 | 7.79 | 9.70 | 11.78 |
| | MDS = 2.19 g/cm³ | | OCH = 8.60 % | |
| Observación | | | | |

| | | | |
|-------------|--|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| | | Técnico | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociación Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Fecha | Mayo 2018 |

HOJA DE CALCULO
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557 (A)

| | |
|------------|---------------|
| Muestra | C-1 |
| Progresiva | 4.00 m |

DENSIDAD

| | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| W sh+m | 5982 | 6182 | 6211 | 6042 |
| W m | 3968 | 3968 | 3968 | 946.69 |
| V m | 946.69 | 946.69 | 946.69 | 946.69 |
| W sh | 2014 | 2214 | 2243 | 5095.31 |
| DH (gr/cm ³) | 2.13 | 2.34 | 2.37 | 5.38 |
| DS (gr/cm ³) | 2.01 | 2.17 | 2.16 | 4.81 |

HUMEDAD

| | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| % Agua | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 6.0 |
| 1 | | | | |
| W sh+t | 491.50 | 553.00 | 561.00 | 604.00 |
| W ss+t | 469.50 | 520.00 | 519.00 | 550.00 |
| W t | 85.50 | 98.00 | 82.00 | 76.00 |
| W agua | 22.00 | 33.00 | 42.00 | 54.00 |
| W suelo seco | 384.00 | 422.00 | 437.00 | 474.00 |
| Humedad | 5.73 | 7.82 | 9.61 | 11.39 |
| 2 | | | | |
| W sh+t | 511.50 | 551.50 | 641.50 | 687.00 |
| W ss+t | 487.50 | 518.50 | 591.50 | 622 |
| W t | 90.50 | 93.50 | 80.50 | 88 |
| W agua | 24.00 | 33.00 | 50.00 | 65.00 |
| W suelo seco | 397.00 | 425.00 | 511.00 | 534.00 |
| Humedad | 6.05 | 7.76 | 9.78 | 12.17 |
| Humedad prom | 5.89 | 7.79 | 9.70 | 11.78 |
| Humedad Inicial | 5.89 | 5.79 | 5.70 | 5.78 |

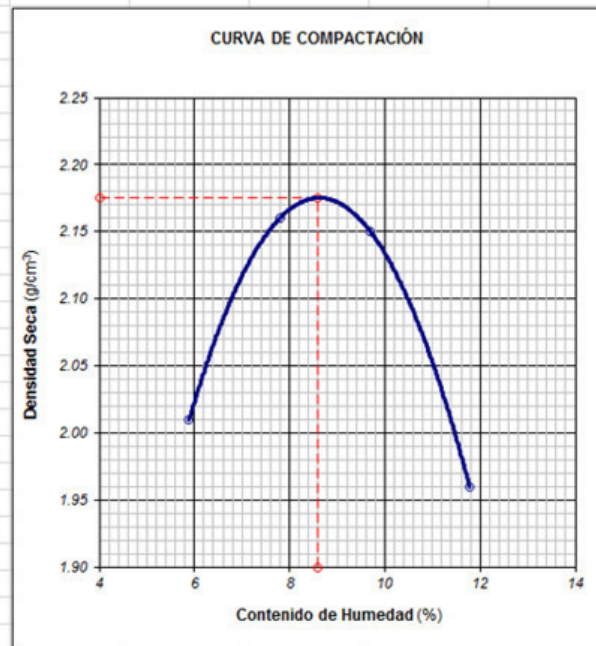
RESUMEN

| | | | | |
|------------------------------------|------|---------------------|------|-------|
| Densidad Seca | 2.01 | 2.17 | 2.16 | 4.81 |
| Humedad | 5.89 | 7.79 | 9.70 | 11.78 |
| MDS = 2.19 g/cm³ | | OCH = 8.60 % | | |

Calicata C-2

| | | | |
|-------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Técnico | J.E.D.G. |
| | | Fecha | Mayo 2018 |

| | |
|-------------|-------|
| Muestra | C-2 |
| Profundidad | 4.00m |



| Próctor Modificado - ASTM D 1557 (A) | | | | |
|--------------------------------------|------|------|---------------------|-------|
| Densidad Seca | 2.01 | 2.16 | 2.15 | 1.96 |
| Humedad | 5.89 | 7.79 | 9.70 | 11.78 |
| MDS = 2.18 g/cm³ | | | OCH = 8.60 % | |
| Observación | | | | |

| | | | |
|-------------|---|---------|-----------|
| Solicitante | | Elaboró | J.E.D.G. |
| Proyecto | CONSTRUCCION MERCADO MODELO LOMAS DE ANCON | Revisó | J.E.D.G. |
| Ubicación | Asociacion Popular Lomas de Ancon Km. 48.5 Panamericana Norte | Técnico | J.E.D.G. |
| | | Fecha | Mayo 2018 |

HOJA DE CALCULO
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557 (A)

| | |
|------------|---------------|
| Muestra | C-2 |
| Progresiva | 4.00 m |

DENSIDAD

| | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| W sh+m | 5982 | 6182 | 6211 | 6042 |
| W m | 3968 | 3968 | 3968 | 946.69 |
| V m | 946.69 | 946.69 | 946.69 | 946.69 |
| W sh | 2014 | 2214 | 2243 | 5095.31 |
| DH (gr/cm ³) | 2.13 | 2.34 | 2.37 | 5.38 |
| DS (gr/cm ³) | 2.01 | 2.16 | 2.15 | 1.96 |

HUMEDAD

| | | | | |
|-----------------|----------|--------|--------|--------|
| % Agua | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 6.0 |
| | 1 | | | |
| W sh+t | 491.50 | 553.00 | 561.00 | 604.00 |
| W ss+t | 469.50 | 520.00 | 519.00 | 550.00 |
| W t | 85.50 | 98.00 | 82.00 | 76.00 |
| W agua | 22.00 | 33.00 | 42.00 | 54.00 |
| W suelo seco | 384.00 | 422.00 | 437.00 | 474.00 |
| Humedad | 5.73 | 7.82 | 9.61 | 11.39 |
| | 2 | | | |
| W sh+t | 511.50 | 551.50 | 641.50 | 687.00 |
| W ss+t | 487.50 | 518.50 | 591.50 | 622 |
| W t | 90.50 | 93.50 | 80.50 | 88 |
| W agua | 24.00 | 33.00 | 50.00 | 65.00 |
| W suelo seco | 397.00 | 425.00 | 511.00 | 534.00 |
| Humedad | 6.05 | 7.76 | 9.78 | 12.17 |
| Humedad prom | 5.89 | 7.79 | 9.70 | 11.78 |
| Humedad Inicial | 5.89 | 5.79 | 5.70 | 5.78 |

RESUMEN

| | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|---------------------|
| Densidad Seca | 2.01 | 2.16 | 2.15 | 1.96 |
| Humedad | 5.89 | 7.79 | 9.70 | 11.78 |
| MDS = 2.18 g/cm³ | | | | OCH = 8.60 % |

Anexo VI

Dimensión 1.0 m, Df=1.50m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 1.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | $ca =$ | 0.00 | |
| L = | 1.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 1.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_h =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Meyerhof:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.50629 |
| F _{qs} = F _{gs} = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.4773152 |
| F _{qd} = F _{gd} = | 1.2386576 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------------------------|---|
| F _{ci} = F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

K_p = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.52718 |
| F _{qs} = | 1.48127 |
| F _{gs} = | 0.6 |
| D/B = | 1.5 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.0104696 |
| F _{qd} = | 1.0204555 |
| F _{gd} = | 1 |
| K = | 0.026174 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------|---|
| F _{ci} = | 1 |
| F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

| | |
|------------------|-----|
| m = | 1.5 |
| A _f = | 1 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------------------------------|---|
| b _c = | 1 |
| b _q = b _g = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------------------------------|---|
| g _c = | 1 |
| g _q = g _g = | 1 |

Hansen:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|------------------|---------|
| s _c = | 1.52718 |
| s _q = | 1.48127 |
| s _g = | 0.6 |
| D/B = | 1.5 |

Factores de profundidad

| | |
|------------------|-----------|
| d _c = | 1.0104696 |
| d _q = | 1.0204555 |
| d _g = | 1 |
| K = | 0.026174 |

$q_0 < q_0 \tan \delta + A_f ca$

FALSO

Factor de inclinación

| | |
|------------------|---|
| i _c = | 1 |
| i _q = | 1 |
| i _g = | 1 |

A_f = 1

$\beta < \phi$

VERDADERO

F. inclin. Cimentación

| | |
|------------------|---|
| b _c = | 1 |
| b _q = | 1 |
| b _g = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------------------------------|---|
| g _c = | 1 |
| g _q = g _g = | 1 |

i_q, i_g > 0

VERDADERO

$\beta + \eta < 90^\circ$

VERDADERO

Terzaghi:

| | |
|------------------|--------|
| N _q = | 12.72 |
| N _c = | 25.135 |
| N _g = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada

Los factores de forma

| | |
|------------------|-----|
| s _c = | 1.3 |
| s _g = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 794.61 | q = | 794.61 | Q_{amm} = | 264.87 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 81.03 | q = | 81.03 | Q_{amm} = | 2.70 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 8.10 | q = | 81026.63 | Q_{amm} = | 2.70 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 612.66 | q = | 612.66 | Q_{amm} = | 204.22 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 62.47 | q = | 62.47 | Q_{amm} = | 2.08 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 6.25 | q = | 62473.15 | Q_{amm} = | 2.08 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 614.66 | q = | 614.66 | Q_{amm} = | 204.89 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 62.68 | q = | 62.68 | Q_{amm} = | 2.09 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 6.27 | q = | 62677.08 | Q_{amm} = | 2.09 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 573.18 | q = | 573.18 | Q_{amm} = | 191.06 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 58.45 | q = | 58.45 | Q_{amm} = | 1.95 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 5.84 | q = | 58446.82 | Q_{amm} = | 1.95 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------------|-------|----------------------|
| B = | 1.00 | [m] | ϕ = | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 1.00 | [m] | δ = | 0.00 | [°] | γ = | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 1.50 | [m] | β = | 0.00 | [°] | q _v = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | η = | 0.00 | [°] | q _o = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|------------------|-------------|---------------|-------------|----------------|------------|------------------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | |
|------------------------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|------------|------------------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| <i>Factores de profundidad</i> | | <i>Factores de profundidad</i> | | <i>Factores de profundidad</i> | |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|------------|
| dc = | 1.477315163 | dc = | 1.010469584 | dc = | 1.01046958 |
| dq = dg = | 1.238657582 | dq = | 1.020455486 | dq = | 1.02045549 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| <i>Factor de inclinación</i> | | <i>Factor de inclinación</i> | | <i>Factor de inclinación</i> | |
|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Kp = | 2.531441832 | <i>F. inclin. Cimentación</i> | | <i>F. inclin. Cimentación</i> | |
| | | bc = | 1 | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 | bq = | 1 |
| | | | | bg = | 1 |

| <i>F. d'inclin. Terreno</i> | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | |
|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
| gc = | 1 | gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | | |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------|
| q _{ult} = | 794.61 | q _{ult} = | 612.66 | q _{ult} = | 614.66 | q _{ult} = | 573.18 | [kN/m ²] |
| q = | 794.61 | q = | 612.66 | q = | 614.66 | q = | 573.18 | [kN] |
| Q _{amm} = | 264.87 | Q _{amm} = | 204.22 | Q _{amm} = | 204.89 | Q _{amm} = | 191.06 | [kN/m ²] |

Dimensión 1.5 m, Df=1.50m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 1.50 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 1.50 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 1.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | qv = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | qh = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Meyerhof:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------|---------|
| Fcs = | 1.50629 |
| Fqs = Fgs = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------|-----------|
| Fcd = | 1.3182101 |
| Fqd = Fgd = | 1.1591051 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------|---|
| Fci = Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

Kp = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| Fcs = | 1.52718 |
| Fqs = | 1.48127 |
| Fgs = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|-------|-----------|
| Fcd = | 1.4 |
| Fqd = | 1.7815205 |
| Fgd = | 1 |
| K = | 1 |

Factor de inclinación

| | |
|-------|---|
| Fci = | 1 |
| Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

| | |
|------|------|
| m = | 1.5 |
| Af = | 2.25 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------|---|
| bc = | 1 |
| bq = bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

Hansen:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| sc = | 1.52718 |
| sq = | 1.48127 |
| sg = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|------|-----------|
| dc = | 1.4 |
| dq = | 1.7815205 |
| dg = | 1 |
| K = | 1 |

| |
|---------------------------------|
| $q_0 < q_0 \tan \delta + Af ca$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| | |
|------|---|
| ic = | 1 |
| iq = | 1 |
| ig = | 1 |

| | |
|------|------|
| Af = | 2.25 |
|------|------|

| | |
|----------------|-----------|
| $\beta < \phi$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| | |
|------|---|
| bc = | 1 |
| bq = | 1 |
| bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

| | |
|------------|-----------|
| iq, ig > 0 | VERDADERO |
|------------|-----------|

| | |
|---------------------------|-----------|
| $\beta + \eta < 90^\circ$ | VERDADERO |
|---------------------------|-----------|

Terzaghi:

| | |
|------|--------|
| Nq = | 12.72 |
| Nc = | 25.135 |
| Ng = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada

Los factores de forma

| | |
|------|-----|
| sc = | 1.3 |
| sg = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 780.42 | q = | 1755.95 | Q_{amm} = | 260.14 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 79.58 | q = | 179.05 | Q_{amm} = | 2.65 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 7.96 | q = | 179054.70 | Q_{amm} = | 2.65 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 1009.37 | q = | 2271.08 | Q_{amm} = | 336.46 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 102.93 | q = | 231.58 | Q_{amm} = | 3.43 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 10.29 | q = | 231581.74 | Q_{amm} = | 3.43 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1012.37 | q = | 2277.83 | Q_{amm} = | 337.46 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 103.23 | q = | 232.27 | Q_{amm} = | 3.44 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 10.32 | q = | 232270.01 | Q_{amm} = | 3.44 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 616.86 | q = | 1387.94 | Q_{amm} = | 205.62 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 62.90 | q = | 141.53 | Q_{amm} = | 2.10 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 6.29 | q = | 141528.23 | Q_{amm} = | 2.10 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 1.50 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | $ca =$ | 0.00 | |
| L = | 1.50 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 1.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_o =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | $c =$ | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|------------------|-------------|---------------|-------------|----------------|------------|------------------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | |
|------------------------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|------------|------------------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| <i>Factores de profundidad</i> | | <i>Factores de profundidad</i> | | <i>Factores de profundidad</i> | |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|------------|
| dc = | 1.318210109 | dc = | 1.4 | dc = | 1.4 |
| dq = dg = | 1.159105054 | dq = | 1.781520472 | dq = | 1.78152047 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| <i>Factor de inclinación</i> | | <i>Factor de inclinación</i> | | <i>Factor de inclinación</i> | |
|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| Kp = | 2.531441832 | <i>F. inclin. Cimentación</i> | | <i>F. inclin. Cimentación</i> | |
|-------------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|---|
| | | bc = | 1 | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 | bq = | 1 |
| | | | | bg = | 1 |
| | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | |
| | | gc = | 1 | gc = | 1 |
| | | gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|-----------------------------|
| q_{ult} = | 780.42 | q_{ult} = | 1009.37 | q_{ult} = | 1012.37 | q_{ult} = | 616.86 [kN/m ²] |
| q = | 1755.95 | q = | 2271.08 | q = | 2277.83 | q = | 1387.94 [kN] |
| Q_{amm} = | 260.14 | Q_{amm} = | 336.46 | Q_{amm} = | 337.46 | Q_{amm} = | 205.62 [kN/m ²] |

Dimensión 2.50 m, Df=2.00m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | |
|------------------|-------------------------------|--|
| B = 2.50 [m] | φ = 25.70 [°] | ca = 0.00 |
| L = 2.50 [m] | δ = 0.00 [°] | γ = 17.07 [kN/m ³] |
| D = 2.00 [m] | β = 0.00 [°] | q _v = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.B = 0.00 [m] | η = 0.00 [°] | q _h = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.L = 0.00 [m] | c = 4.90 [kN/m ²] | FS = 3.00 |

Meyerhof:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.50629 |
| F _{qs} = F _{gs} = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.2545681 |
| F _{qd} = F _{gd} = | 1.127284 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------------------------|---|
| F _{ci} = F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

K_p = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.52718 |
| F _{qs} = | 1.48127 |
| F _{gs} = | 0.6 |
| D/B = | 0.8 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.32 |
| F _{qd} = | 1.6252164 |
| F _{gd} = | 1 |
| K = | 0.8 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------|---|
| F _{ci} = | 1 |
| F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

| | |
|------------------|------|
| m = | 1.5 |
| A _f = | 6.25 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------------------------------|---|
| b _c = | 1 |
| b _q = b _g = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------------------------------|---|
| g _c = | 1 |
| g _q = g _g = | 1 |

Hansen:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|------------------|---------|
| s _c = | 1.52718 |
| s _q = | 1.48127 |
| s _g = | 0.6 |
| D/B = | 0.8 |

Factores de profundidad

| | |
|------------------|-----------|
| d _c = | 1.32 |
| d _q = | 1.6252164 |
| d _g = | 1 |
| K = | 0.8 |

| |
|--|
| $q_0 < q_0 \text{ tg } \delta + A_f c_a$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| | |
|------------------|---|
| i _c = | 1 |
| i _q = | 1 |
| i _g = | 1 |

| | |
|------------------|------|
| A _f = | 6.25 |
|------------------|------|

| | |
|-------|-----------|
| β < φ | VERDADERO |
|-------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| | |
|------------------|---|
| b _c = | 1 |
| b _q = | 1 |
| b _g = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------------------------------|---|
| g _c = | 1 |
| g _q = g _g = | 1 |

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| i _q , i _g > 0 | VERDADERO |
|-------------------------------------|-----------|

| | |
|--------------|-----------|
| β + η <= 90° | VERDADERO |
|--------------|-----------|

Terzaghi:

| | |
|------------------|--------|
| N _q = | 12.72 |
| N _c = | 25.135 |
| N _g = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada

Los factores de forma

| | |
|------------------|-----|
| s _c = | 1.3 |
| s _g = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 984.77 | q = | 6154.80 | Q_{amm} = | 328.26 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 100.42 | q = | 627.60 | Q_{amm} = | 3.35 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 10.04 | q = | 627604.56 | Q_{amm} = | 3.35 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 1167.78 | q = | 7298.61 | Q_{amm} = | 389.26 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 119.08 | q = | 744.24 | Q_{amm} = | 3.97 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 11.91 | q = | 744239.64 | Q_{amm} = | 3.97 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1172.78 | q = | 7329.86 | Q_{amm} = | 390.93 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 119.59 | q = | 747.43 | Q_{amm} = | 3.99 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 11.96 | q = | 747426.07 | Q_{amm} = | 3.99 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 812.80 | q = | 5079.99 | Q_{amm} = | 270.93 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 82.88 | q = | 518.01 | Q_{amm} = | 2.76 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 8.29 | q = | 518006.62 | Q_{amm} = | 2.76 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------------|-------|----------------------|
| B = | 2.50 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 2.50 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 2.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | q _v = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | q _o = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|------------|------------------|--------|
| N _q = | 11.48148197 | N _q = | 11.48148197 | N _q = | 11.481482 | N _q = | 12.72 |
| N _c = | 21.77891088 | N _c = | 21.77891088 | N _c = | 21.7789109 | N _c = | 25.135 |
| N _g = | 7.609653789 | N _g = | 12.01386323 | N _g = | 7.56659492 | N _g = | 12.796 |

| Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| Factores de profundidad | | Factores de profundidad | | Factores de profundidad | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| dc = | 1.254568087 | dc = | 1.32 | dc = | 1.32 |
| dq = dg = | 1.127284043 | dq = | 1.625216378 | dq = | 1.62521638 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| Factor de inclinación | | Factor de inclinación | | Factor de inclinación | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| K _p = | 2.531441832 | F. inclin. Cimentación | F. inclin. Cimentación |
|------------------|-------------|------------------------|------------------------|
| | | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 |
| | | bg = | 1 |

| F. d'inclin. Terreno | | F. d'inclin. Terreno | |
|----------------------|---|----------------------|---|
| gc = | 1 | gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | |
|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|-----------------------------|
| q _{ult} = | 984.77 | q _{ult} = | 1167.78 | q _{ult} = | 1172.78 | q _{ult} = | 812.80 [kN/m ²] |
| q = | 6154.80 | q = | 7298.61 | q = | 7329.86 | q = | 5079.99 [kN] |
| Q _{amm} = | 328.26 | Q _{amm} = | 389.26 | Q _{amm} = | 390.93 | Q _{amm} = | 270.93 [kN/m ²] |

Dimensión 2.50 m, Df=2.50m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | |
|------------------|-------------------------------|--|
| B = 2.50 [m] | φ = 25.70 [°] | ca = 0.00 |
| L = 2.50 [m] | δ = 0.00 [°] | γ = 17.07 [kN/m ³] |
| D = 2.50 [m] | β = 0.00 [°] | q _v = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.B = 0.00 [m] | η = 0.00 [°] | q _h = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.L = 0.00 [m] | c = 4.90 [kN/m ²] | FS = 3.00 |

Meyerhof:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.50629 |
| F _{qs} = F _{gs} = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.3182101 |
| F _{qd} = F _{gd} = | 1.1591051 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------------------------|---|
| F _{ci} = F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

K_p = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.52718 |
| F _{qs} = | 1.48127 |
| F _{gs} = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.4 |
| F _{qd} = | 1.7815205 |
| F _{gd} = | 1 |
| K = | 1 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------|---|
| F _{ci} = | 1 |
| F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

| | |
|------------------|------|
| m = | 1.5 |
| A _f = | 6.25 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------|---|
| bc = | 1 |
| bq = bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

Hansen:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| sc = | 1.52718 |
| sq = | 1.48127 |
| sg = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|------|-----------|
| dc = | 1.4 |
| dq = | 1.7815205 |
| dg = | 1 |
| K = | 1 |

$$q_0 < q_0 \tan \delta + A_f c a$$

FALSO

Factor de inclinación

| | |
|------------------|---|
| i _c = | 1 |
| i _q = | 1 |
| i _g = | 1 |

| | |
|------------------|------|
| A _f = | 6.25 |
|------------------|------|

$$\beta < \phi \quad \text{VERDADERO}$$

F. inclin. Cimentación

| | |
|------|---|
| bc = | 1 |
| bq = | 1 |
| bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

$$i_q, i_g > 0 \quad \text{VERDADERO}$$

$$\beta + \eta < = 90^\circ \quad \text{VERDADERO}$$

Terzaghi:

| | |
|------------------|--------|
| N _q = | 12.72 |
| N _c = | 25.135 |
| N _g = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada ▼

Los factores de forma

| | |
|------|-----|
| sc = | 1.3 |
| sg = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1159.44 | q = | 7246.52 | Q_{amm} = | 386.48 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 118.23 | q = | 738.93 | Q_{amm} = | 3.94 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 11.82 | q = | 738927.16 | Q_{amm} = | 3.94 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 1530.17 | q = | 9563.55 | Q_{amm} = | 510.06 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 156.03 | q = | 975.20 | Q_{amm} = | 5.20 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 15.60 | q = | 975195.54 | Q_{amm} = | 5.20 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1535.17 | q = | 9594.80 | Q_{amm} = | 511.72 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 156.54 | q = | 978.38 | Q_{amm} = | 5.22 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 15.65 | q = | 978381.97 | Q_{amm} = | 5.22 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 921.36 | q = | 5758.52 | Q_{amm} = | 307.12 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 93.95 | q = | 587.20 | Q_{amm} = | 3.13 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 9.40 | q = | 587196.58 | Q_{amm} = | 3.13 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 2.50 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 2.50 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 2.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_o =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|-----------|-------------|--------|-------------|---------|------------|-----------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| Factores de profundidad | | Factores de profundidad | | Factores de profundidad | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| dc = | 1.318210109 | dc = | 1.4 | dc = | 1.4 |
| dq = dg = | 1.159105054 | dq = | 1.781520472 | dq = | 1.78152047 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| Factor de inclinación | | Factor de inclinación | | Factor de inclinación | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Kp = | 2.531441832 | <i>F. inclin. Cimentación</i> | | <i>F. inclin. Cimentación</i> | |
| | | bc = | 1 | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 | bq = | 1 |
| | | | | bg = | 1 |
| | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | |
| | | gc = | 1 | gc = | 1 |
| | | gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | |
|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|-----------------------------|
| q_{ult} = | 1159.44 | q_{ult} = | 1530.17 | q_{ult} = | 1535.17 | q_{ult} = | 921.36 [kN/m ²] |
| q = | 7246.52 | q = | 9563.55 | q = | 9594.80 | q = | 5758.52 [kN] |
| Q_{amm} = | 386.48 | Q_{amm} = | 510.06 | Q_{amm} = | 511.72 | Q_{amm} = | 307.12 [kN/m ²] |

Dimensión 2.00 m, Df=1.50 m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 2.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | $ca =$ | 0.00 | |
| L = | 2.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 1.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_h =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | $c =$ | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Meyerhof:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------|---------|
| Fcs = | 1.50629 |
| Fqs = Fgs = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------|-----------|
| Fcd = | 1.2386576 |
| Fqd = Fgd = | 1.1193288 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------|---|
| Fci = Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

Kp = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| Fcs = | 1.52718 |
| Fqs = | 1.48127 |
| Fgs = | 0.6 |
| D/B = | 0.75 |

Factores de profundidad

| | |
|-------|-----------|
| Fcd = | 1.3 |
| Fqd = | 1.5861404 |
| Fgd = | 1 |
| K = | 0.75 |

Factor de inclinación

| | |
|-------|---|
| Fci = | 1 |
| Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

| | |
|------|-----|
| m = | 1.5 |
| Af = | 4 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------|---|
| bc = | 1 |
| bq = bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

Hansen:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| sc = | 1.52718 |
| sq = | 1.48127 |
| sg = | 0.6 |
| D/B = | 0.75 |

Factores de profundidad

| | |
|------|-----------|
| dc = | 1.3 |
| dq = | 1.5861404 |
| dg = | 1 |
| K = | 0.75 |

| |
|--|
| $q_0 < q_0 \text{ tg } \delta + Af \text{ ca}$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| | |
|------|---|
| ic = | 1 |
| iq = | 1 |
| ig = | 1 |

| | |
|------|---|
| Af = | 4 |
|------|---|

| | |
|----------------|-----------|
| $\beta < \phi$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| | |
|------|---|
| bc = | 1 |
| bq = | 1 |
| bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

| | |
|----------------|-----------|
| $i_q, i_g > 0$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

| | |
|----------------------------|-----------|
| $\beta + \eta <= 90^\circ$ | VERDADERO |
|----------------------------|-----------|

Terzaghi:

| | |
|------|--------|
| Nq = | 12.72 |
| Nc = | 25.135 |
| Ng = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada 21

Los factores de forma

| | |
|------|-----|
| sc = | 1.3 |
| sg = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 793.68 | q = | 3174.71 | Q_{amm} = | 264.56 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 80.93 | q = | 323.73 | Q_{amm} = | 2.70 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 8.09 | q = | 323725.25 | Q_{amm} = | 2.70 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 909.79 | q = | 3639.16 | Q_{amm} = | 303.26 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 92.77 | q = | 371.09 | Q_{amm} = | 3.09 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 9.28 | q = | 371085.29 | Q_{amm} = | 3.09 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 913.79 | q = | 3655.16 | Q_{amm} = | 304.60 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 93.18 | q = | 372.72 | Q_{amm} = | 3.11 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 9.32 | q = | 372716.74 | Q_{amm} = | 3.11 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 660.55 | q = | 2642.19 | Q_{amm} = | 220.18 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 67.36 | q = | 269.42 | Q_{amm} = | 2.25 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 6.74 | q = | 269424.21 | Q_{amm} = | 2.25 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 2.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 2.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 1.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_o =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|------------|------------------|--------|
| N _q = | 11.48148197 | N _q = | 11.48148197 | N _q = | 11.481482 | N _q = | 12.72 |
| N _c = | 21.77891088 | N _c = | 21.77891088 | N _c = | 21.7789109 | N _c = | 25.135 |
| N _g = | 7.609653789 | N _g = | 12.01386323 | N _g = | 7.56659492 | N _g = | 12.796 |

| Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| Factores de profundidad | | Factores de profundidad | | Factores de profundidad | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| dc = | 1.238657582 | dc = | 1.3 | dc = | 1.3 |
| dq = dg = | 1.119328791 | dq = | 1.586140354 | dq = | 1.58614035 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| Factor de inclinación | | Factor de inclinación | | Factor de inclinación | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| | | | | | |
|------------------------|--------------------|-------------------------------|------|-------------------------------|---|
| K_p = | 2.531441832 | <i>F. inclin. Cimentación</i> | | <i>F. inclin. Cimentación</i> | |
| | | bc = | 1 | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 | bq = | 1 |
| | | | bg = | 1 | |
| | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | |
| | | gc = | 1 | gc = | 1 |
| | | gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | |
|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|-----------------------------|
| q_{ult} = | 793.68 | q_{ult} = | 909.79 | q_{ult} = | 913.79 | q_{ult} = | 660.55 [kN/m ²] |
| q = | 3174.71 | q = | 3639.16 | q = | 3655.16 | q = | 2642.19 [kN] |
| Q_{amm} = | 264.56 | Q_{amm} = | 303.26 | Q_{amm} = | 304.60 | Q_{amm} = | 220.18 [kN/m ²] |

Dimensión 2.00 m, Df=2.00 m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 2.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 2.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 2.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | qv = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | qh = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Meyerhof:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------|---------|
| Fcs = | 1.50629 |
| Fqs = Fgs = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------|-----------|
| Fcd = | 1.3182101 |
| Fqd = Fgd = | 1.1591051 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------|---|
| Fci = Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

Kp = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| Fcs = | 1.52718 |
| Fqs = | 1.48127 |
| Fgs = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|-------|-----------|
| Fcd = | 1.4 |
| Fqd = | 1.7815205 |
| Fgd = | 1 |
| K = | 1 |

Factor de inclinación

| | |
|-------|---|
| Fci = | 1 |
| Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

| | |
|------|-----|
| m = | 1.5 |
| Af = | 4 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------|---|
| bc = | 1 |
| bq = bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

Hansen:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| sc = | 1.52718 |
| sq = | 1.48127 |
| sg = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|------|-----------|
| dc = | 1.4 |
| dq = | 1.7815205 |
| dg = | 1 |
| K = | 1 |

| |
|---------------------------------|
| $q_0 < q_0 \tan \delta + Af ca$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| | |
|------|---|
| ic = | 1 |
| iq = | 1 |
| ig = | 1 |

| | |
|------|---|
| Af = | 4 |
|------|---|

| | |
|----------------|-----------|
| $\beta < \phi$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| | |
|------|---|
| bc = | 1 |
| bq = | 1 |
| bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

| | |
|----------------|-----------|
| $i_q, i_g > 0$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

| | |
|---------------------------|-----------|
| $\beta + \eta < 90^\circ$ | VERDADERO |
|---------------------------|-----------|

Terzaghi:

| | |
|------|--------|
| Nq = | 12.72 |
| Nc = | 25.135 |
| Ng = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada 24

Los factores de forma

| | |
|------|-----|
| sc = | 1.3 |
| sg = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 969.93 | q = | 3879.73 | Q_{amm} = | 323.31 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 98.90 | q = | 395.62 | Q_{amm} = | 3.30 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 9.89 | q = | 395616.42 | Q_{amm} = | 3.30 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 1269.77 | q = | 5079.07 | Q_{amm} = | 423.26 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 129.48 | q = | 517.91 | Q_{amm} = | 4.32 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 12.95 | q = | 517913.01 | Q_{amm} = | 4.32 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1273.77 | q = | 5095.07 | Q_{amm} = | 424.59 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 129.89 | q = | 519.54 | Q_{amm} = | 4.33 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 12.99 | q = | 519544.46 | Q_{amm} = | 4.33 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 769.11 | q = | 3076.45 | Q_{amm} = | 256.37 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 78.43 | q = | 313.71 | Q_{amm} = | 2.61 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 7.84 | q = | 313705.78 | Q_{amm} = | 2.61 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 2.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | $ca =$ | 0.00 | |
| L = | 2.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 2.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_o =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | $c =$ | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|-----------|-------------|--------|-------------|---------|------------|-----------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| Factores de profundidad | | Factores de profundidad | | Factores de profundidad | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| dc = | 1.318210109 | dc = | 1.4 | dc = | 1.4 |
| dq = dg = | 1.159105054 | dq = | 1.781520472 | dq = | 1.78152047 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| Factor de inclinación | | Factor de inclinación | | Factor de inclinación | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| Kp = | 2.531441832 | F. inclin. Cimentación | F. inclin. Cimentación |
|------|-------------|------------------------|------------------------|
| | | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 |
| | | | bg = 1 |

| F. d'inclin. Terreno | | F. d'inclin. Terreno | |
|----------------------|---|----------------------|---|
| gc = | 1 | gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | |
|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|----------------------|
| $q_{ult} =$ | 969.93 | $q_{ult} =$ | 1269.77 | $q_{ult} =$ | 1273.77 | $q_{ult} =$ | 769.11 | [kN/m ²] |
| $q =$ | 3879.73 | $q =$ | 5079.07 | $q =$ | 5095.07 | $q =$ | 3076.45 | [kN] |
| $Q_{amm} =$ | 323.31 | $Q_{amm} =$ | 423.26 | $Q_{amm} =$ | 424.59 | $Q_{amm} =$ | 256.37 | [kN/m ²] |

Dimensión 3.00 m, Df=2.50 m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------------|-------|----------------------|
| B = | 3.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 3.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 2.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | q _v = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | q _h = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Meyerhof:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.50629 |
| F _{qs} = F _{gs} = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.2651751 |
| F _{qd} = F _{gd} = | 1.1325875 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------------------------|---|
| F _{ci} = F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

K_p = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------------------|---------|
| F _{cs} = | 1.52718 |
| F _{qs} = | 1.48127 |
| F _{gs} = | 0.6 |
| D/B = | 0.83333 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------------|-----------|
| F _{cd} = | 1.3333333 |
| F _{qd} = | 1.6512671 |
| F _{gd} = | 1 |
| K = | 0.8333333 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------------|---|
| F _{ci} = | 1 |
| F _{qi} = | 1 |
| F _{gi} = | 1 |

| | |
|------------------|-----|
| m = | 1.5 |
| A _f = | 9 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------|---|
| bc = | 1 |
| bq = bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

Hansen:

| | |
|------------------|-------------|
| N _q = | 11.48148197 |
| N _c = | 21.77891088 |
| N _g = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| sc = | 1.52718 |
| sq = | 1.48127 |
| sg = | 0.6 |
| D/B = | 0.83333 |

Factores de profundidad

| | |
|------|-----------|
| dc = | 1.3333333 |
| dq = | 1.6512671 |
| dg = | 1 |
| K = | 0.8333333 |

| |
|-----------------------------------|
| $q_0 < q_0 \tan \delta + A_f c_a$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| | |
|------------------|---|
| i _c = | 1 |
| i _q = | 1 |
| i _g = | 1 |

| | |
|------------------|---|
| A _f = | 9 |
|------------------|---|

| | |
|-------------------|-----------|
| $\beta \leq \phi$ | VERDADERO |
|-------------------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| | |
|------|---|
| bc = | 1 |
| bq = | 1 |
| bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| i _q , i _g > 0 | VERDADERO |
|-------------------------------------|-----------|

| | |
|------------------------------|-----------|
| $\beta + \eta \leq 90^\circ$ | VERDADERO |
|------------------------------|-----------|

Terzaghi:

| | |
|------------------|--------|
| N _q = | 12.72 |
| N _c = | 25.135 |
| N _g = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada ▼

Los factores de forma

| | |
|------|-----|
| sc = | 1.3 |
| sg = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1175.33 | q = | 10577.97 | Q_{amm} = | 391.78 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 119.85 | q = | 1078.64 | Q_{amm} = | 3.99 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 11.98 | q = | 1078635.80 | Q_{amm} = | 3.99 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 1426.57 | q = | 12839.13 | Q_{amm} = | 475.52 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 145.47 | q = | 1309.21 | Q_{amm} = | 4.85 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 14.55 | q = | 1309206.32 | Q_{amm} = | 4.85 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1432.57 | q = | 12893.13 | Q_{amm} = | 477.52 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 146.08 | q = | 1314.71 | Q_{amm} = | 4.87 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 14.61 | q = | 1314712.47 | Q_{amm} = | 4.87 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 965.05 | q = | 8685.44 | Q_{amm} = | 321.68 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 98.41 | q = | 885.65 | Q_{amm} = | 3.28 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 9.84 | q = | 885654.62 | Q_{amm} = | 3.28 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 3.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 3.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 2.50 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_o =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|-----------|-------------|--------|-------------|---------|------------|-----------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| Factores de profundidad | | Factores de profundidad | | Factores de profundidad | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| dc = | 1.265175091 | dc = | 1.333333333 | dc = | 1.33333333 |
| dq = dg = | 1.132587545 | dq = | 1.65126706 | dq = | 1.65126706 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| Factor de inclinación | | Factor de inclinación | | Factor de inclinación | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Kp = | 2.531441832 | <i>F. inclin. Cimentación</i> | | <i>F. inclin. Cimentación</i> | |
| | | bc = | 1 | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 | bq = | 1 |
| | | | | bg = | 1 |
| | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | |
| | | gc = | 1 | gc = | 1 |
| | | gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | |
|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|-----------------------------|
| q_{ult} = | 1175.33 | q_{ult} = | 1426.57 | q_{ult} = | 1432.57 | q_{ult} = | 965.05 [kN/m ²] |
| q = | 10577.97 | q = | 12839.13 | q = | 12893.13 | q = | 8685.44 [kN] |
| Q_{amm} = | 391.78 | Q_{amm} = | 475.52 | Q_{amm} = | 477.52 | Q_{amm} = | 321.68 [kN/m ²] |

Dimensión 3.00 m, Df=3.00 m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 3.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 3.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 3.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_h =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Meyerhof:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------|---------|
| Fcs = | 1.50629 |
| Fqs = Fgs = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------|-----------|
| Fcd = | 1.3182101 |
| Fqd = Fgd = | 1.1591051 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------|---|
| Fci = Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

Kp = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| Fcs = | 1.52718 |
| Fqs = | 1.48127 |
| Fgs = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|-------|-----------|
| Fcd = | 1.4 |
| Fqd = | 1.7815205 |
| Fgd = | 1 |
| K = | 1 |

Factor de inclinación

| | |
|-------|---|
| Fci = | 1 |
| Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

| | |
|------|-----|
| m = | 1.5 |
| Af = | 9 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------|---|
| bc = | 1 |
| bq = bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

Hansen:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| sc = | 1.52718 |
| sq = | 1.48127 |
| sg = | 0.6 |
| D/B = | 1 |

Factores de profundidad

| | |
|------|-----------|
| dc = | 1.4 |
| dq = | 1.7815205 |
| dg = | 1 |
| K = | 1 |

| |
|--|
| $q_0 < q_0 \text{ tg } \delta + Af \text{ ca}$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| | |
|------|---|
| ic = | 1 |
| iq = | 1 |
| ig = | 1 |

| | |
|------|---|
| Af = | 9 |
|------|---|

| | |
|----------------|-----------|
| $\beta < \phi$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| | |
|------|---|
| bc = | 1 |
| bq = | 1 |
| bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

| | |
|----------------|-----------|
| $i_q, i_g > 0$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

| | |
|---------------------------|-----------|
| $\beta + \eta < 90^\circ$ | VERDADERO |
|---------------------------|-----------|

Terzaghi:

| | |
|------|--------|
| Nq = | 12.72 |
| Nc = | 25.135 |
| Ng = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada ▼

Los factores de forma

| | |
|------|-----|
| sc = | 1.3 |
| sg = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1348.95 | q = | 12140.56 | Q_{amm} = | 449.65 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 137.55 | q = | 1237.97 | Q_{amm} = | 4.59 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 13.76 | q = | 1237973.27 | Q_{amm} = | 4.59 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 1790.57 | q = | 16115.12 | Q_{amm} = | 596.86 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 182.58 | q = | 1643.26 | Q_{amm} = | 6.09 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 18.26 | q = | 1643258.89 | Q_{amm} = | 6.09 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1796.57 | q = | 16169.12 | Q_{amm} = | 598.86 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 183.20 | q = | 1648.77 | Q_{amm} = | 6.11 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 18.32 | q = | 1648765.04 | Q_{amm} = | 6.11 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1073.61 | q = | 9662.53 | Q_{amm} = | 357.87 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 109.48 | q = | 985.29 | Q_{amm} = | 3.65 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 10.95 | q = | 985288.16 | Q_{amm} = | 3.65 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------------|-------|----------------------|
| B = | 3.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 3.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 3.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | q _v = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | q _o = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|------------------|-------------|---------------|-------------|----------------|------------|------------------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | | <i>Factor de forma</i> | |
|------------------------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|------------|------------------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| <i>Factores de profundidad</i> | | <i>Factores de profundidad</i> | | <i>Factores de profundidad</i> | |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|------------|
| dc = | 1.318210109 | dc = | 1.4 | dc = | 1.4 |
| dq = dg = | 1.159105054 | dq = | 1.781520472 | dq = | 1.78152047 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| <i>Factor de inclinación</i> | | <i>Factor de inclinación</i> | | <i>Factor de inclinación</i> | |
|------------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| Kp = | 2.531441832 | <i>F. inclin. Cimentación</i> | <i>F. inclin. Cimentación</i> |
|-------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 |
| | | bg = | 1 |

| <i>F. d'inclin. Terreno</i> | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | |
|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
| gc = | 1 | gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | | <i>Capacità Portante:</i> | |
|---------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|------------------------------|
| q _{ult} = | 1348.95 | q _{ult} = | 1790.57 | q _{ult} = | 1796.57 | q _{ult} = | 1073.61 [kN/m ²] |
| q = | 12140.56 | q = | 16115.12 | q = | 16169.12 | q = | 9662.53 [kN] |
| Q _{amm} = | 449.65 | Q _{amm} = | 596.86 | Q _{amm} = | 598.86 | Q _{amm} = | 357.87 [kN/m ²] |

Dimensión 5.00 m, Df=3.00 m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 5.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 5.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 3.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | qv = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | qh = | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

Meyerhof:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.609653789 |

Los factores de forma

| | |
|-------------|---------|
| Fcs = | 1.50629 |
| Fqs = Fgs = | 1.25314 |

Factores de profundidad

| | |
|-------------|-----------|
| Fcd = | 1.1909261 |
| Fqd = Fgd = | 1.095463 |

Factor de inclinación

| | |
|-------------|---|
| Fci = Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

Kp = 2.5314418

Vesic:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 12.01386323 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| Fcs = | 1.52718 |
| Fqs = | 1.48127 |
| Fgs = | 0.6 |
| D/B = | 0.6 |

Factores de profundidad

| | |
|-------|-----------|
| Fcd = | 1.24 |
| Fqd = | 1.4689123 |
| Fgd = | 1 |
| K = | 0.6 |

Factor de inclinación

| | |
|-------|---|
| Fci = | 1 |
| Fqi = | 1 |
| Fgi = | 1 |

| | |
|------|-----|
| m = | 1.5 |
| Af = | 25 |

F. inclin. Cimentación

| | |
|-----------|---|
| bc = | 1 |
| bq = bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

Hansen:

| | |
|------|-------------|
| Nq = | 11.48148197 |
| Nc = | 21.77891088 |
| Ng = | 7.566594925 |

Los factores de forma

| | |
|-------|---------|
| sc = | 1.52718 |
| sq = | 1.48127 |
| sg = | 0.6 |
| D/B = | 0.6 |

Factores de profundidad

| | |
|------|-----------|
| dc = | 1.24 |
| dq = | 1.4689123 |
| dg = | 1 |
| K = | 0.6 |

| |
|--|
| $q_0 < q_0 \text{ tg } \delta + Af \text{ ca}$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| | |
|------|---|
| ic = | 1 |
| iq = | 1 |
| ig = | 1 |

| | |
|------|----|
| Af = | 25 |
|------|----|

| | |
|----------------|-----------|
| $\beta < \phi$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| | |
|------|---|
| bc = | 1 |
| bq = | 1 |
| bg = | 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| | |
|-----------|---|
| gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 |

| | |
|------------|-----------|
| iq, ig > 0 | VERDADERO |
|------------|-----------|

| | |
|---------------------------|-----------|
| $\beta + \eta < 90^\circ$ | VERDADERO |
|---------------------------|-----------|

Terzaghi:

| | |
|------|--------|
| Nq = | 12.72 |
| Nc = | 25.135 |
| Ng = | 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada

Los factores de forma

| | |
|------|-----|
| sc = | 1.3 |
| sg = | 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1444.38 | q = | 36109.47 | Q_{amm} = | 481.46 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 147.28 | q = | 3682.08 | Q_{amm} = | 4.91 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 14.73 | q = | 3682082.18 | Q_{amm} = | 4.91 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 1499.44 | q = | 37485.99 | Q_{amm} = | 499.81 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 152.90 | q = | 3822.45 | Q_{amm} = | 5.10 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 15.29 | q = | 3822446.04 | Q_{amm} = | 5.10 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1509.44 | q = | 37735.98 | Q_{amm} = | 503.15 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 153.92 | q = | 3847.94 | Q_{amm} = | 5.13 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 15.39 | q = | 3847937.48 | Q_{amm} = | 5.13 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1248.36 | q = | 31208.91 | Q_{amm} = | 416.12 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 127.29 | q = | 3182.37 | Q_{amm} = | 4.24 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 12.73 | q = | 3182373.04 | Q_{amm} = | 4.24 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 5.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | $ca =$ | 0.00 | |
| L = | 5.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 3.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_b =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | $c =$ | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|-----------|-------------|--------|-------------|---------|------------|-----------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| Factores de profundidad | | Factores de profundidad | | Factores de profundidad | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| dc = | 1.190926065 | dc = | 1.24 | dc = | 1.24 |
| dq = dg = | 1.095463033 | dq = | 1.468912283 | dq = | 1.46891228 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| Factor de inclinación | | Factor de inclinación | | Factor de inclinación | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| Kp = | 2.531441832 | F. inclin. Cimentación | | F. inclin. Cimentación | |
|------|-------------|------------------------|---|------------------------|---|
| | | bc = | 1 | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 | bq = | 1 |
| | | | | bg = | 1 |

| F. d'inclin. Terreno | | F. d'inclin. Terreno | |
|----------------------|---|----------------------|---|
| gc = | 1 | gc = | 1 |
| gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | |
|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|------------------------------|
| $q_{ult} =$ | 1444.38 | $q_{ult} =$ | 1499.44 | $q_{ult} =$ | 1509.44 | $q_{ult} =$ | 1248.36 [kN/m ²] |
| $q =$ | 36109.47 | $q =$ | 37485.99 | $q =$ | 37735.98 | $q =$ | 31208.91 [kN] |
| $Q_{amm} =$ | 481.46 | $Q_{amm} =$ | 499.81 | $Q_{amm} =$ | 503.15 | $Q_{amm} =$ | 416.12 [kN/m ²] |

Dimensión 5.00 m, Df=5.00 m

CÁLCULO DE LÍMITE DE CARGA

| | | |
|------------------|-------------------------------|--|
| B = 5.00 [m] | φ = 25.70 [°] | ca = 0.00 |
| L = 5.00 [m] | δ = 0.00 [°] | γ = 17.07 [kN/m ³] |
| D = 5.00 [m] | β = 0.00 [°] | q _v = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.B = 0.00 [m] | η = 0.00 [°] | q _h = 0.00 [kN/m ²] |
| ecc.L = 0.00 [m] | c = 4.90 [kN/m ²] | FS = 3.00 |

Meyerhof:

| |
|------------------|
| Nq = 11.48148197 |
| Nc = 21.77891088 |
| Ng = 7.609653789 |

Los factores de forma

| |
|---------------------|
| Fcs = 1.50629 |
| Fqs = Fgs = 1.25314 |

Factores de profundidad

| |
|-----------------------|
| Fcd = 1.3182101 |
| Fqd = Fgd = 1.1591051 |

Factor de inclinación

| |
|---------------|
| Fci = Fqi = 1 |
| Fgi = 1 |

Kp = 2.5314418

Vesic:

| |
|------------------|
| Nq = 11.48148197 |
| Nc = 21.77891088 |
| Ng = 12.01386323 |

Los factores de forma

| |
|---------------|
| Fcs = 1.52718 |
| Fqs = 1.48127 |
| Fgs = 0.6 |
| D/B = 1 |

Factores de profundidad

| |
|-----------------|
| Fcd = 1.4 |
| Fqd = 1.7815205 |
| Fgd = 1 |
| K = 1 |

Factor de inclinación

| |
|---------|
| Fci = 1 |
| Fqi = 1 |
| Fgi = 1 |

| |
|---------|
| m = 1.5 |
| Af = 25 |

F. inclin. Cimentación

| |
|-------------|
| bc = 1 |
| bq = bg = 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| |
|-------------|
| gc = 1 |
| gq = gg = 1 |

Hansen:

| |
|------------------|
| Nq = 11.48148197 |
| Nc = 21.77891088 |
| Ng = 7.566594925 |

Los factores de forma

| |
|--------------|
| sc = 1.52718 |
| sq = 1.48127 |
| sg = 0.6 |
| D/B = 1 |

Factores de profundidad

| |
|----------------|
| dc = 1.4 |
| dq = 1.7815205 |
| dg = 1 |
| K = 1 |

| |
|---------------------------------|
| $q_0 < q_0 \tan \delta + Af ca$ |
| FALSO |

Factor de inclinación

| |
|--------|
| ic = 1 |
| iq = 1 |
| ig = 1 |

| |
|---------|
| Af = 25 |
|---------|

| | |
|-------------------|-----------|
| $\beta \leq \phi$ | VERDADERO |
|-------------------|-----------|

F. inclin. Cimentación

| |
|--------|
| bc = 1 |
| bq = 1 |
| bg = 1 |

Fatt. d'inclin. Terreno

| |
|-------------|
| gc = 1 |
| gq = gg = 1 |

| | |
|----------------|-----------|
| $i_q, i_g > 0$ | VERDADERO |
|----------------|-----------|

| | |
|------------------------------|-----------|
| $\beta + \eta \leq 90^\circ$ | VERDADERO |
|------------------------------|-----------|

Terzaghi:

| |
|-------------|
| Nq = 12.72 |
| Nc = 25.135 |
| Ng = 12.796 |

Tipo de la Cimentación

Cuadrada ▼

Los factores de forma

| |
|----------|
| sc = 1.3 |
| sg = 0.8 |

Capacità portante secondo Meyerhoff:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 2106.99 | q = | 52674.69 | Q_{amm} = | 702.33 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 214.85 | q = | 5371.24 | Q_{amm} = | 7.16 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 21.48 | q = | 5371238.60 | Q_{amm} = | 7.16 |

Capacidad portante según Vesic:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN] |
| q_{ult} = | 2832.17 | q = | 70804.27 | Q_{amm} = | 944.06 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 288.80 | q = | 7219.91 | Q_{amm} = | 9.63 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 28.88 | q = | 7219911.42 | Q_{amm} = | 9.63 |

Capacidad portante según Hansen:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 2842.17 | q = | 71054.26 | Q_{amm} = | 947.39 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 289.82 | q = | 7245.40 | Q_{amm} = | 9.66 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 28.98 | q = | 7245402.85 | Q_{amm} = | 9.66 |

Capacidad portante según Terzaghi:

| | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------------------|
| | [kN/m ²] | | [kN] | | [kN/m ²] |
| q_{ult} = | 1682.62 | q = | 42065.43 | Q_{amm} = | 560.87 |
| | [t/m ²] | | [t] | | [t/m ²] |
| q_{ult} = | 171.58 | q = | 4289.41 | Q_{amm} = | 5.72 |
| | [Kg/cm ²] | | [Kg] | | [Kg/cm ²] |
| q_{ult} = | 17.16 | q = | 4289412.38 | Q_{amm} = | 5.72 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|-----|------------|-------|----------------------|------------|-------|----------------------|
| B = | 5.00 | [m] | $\phi =$ | 25.70 | [°] | ca = | 0.00 | |
| L = | 5.00 | [m] | $\delta =$ | 0.00 | [°] | $\gamma =$ | 17.07 | [kN/m ³] |
| D = | 5.00 | [m] | $\beta =$ | 0.00 | [°] | $q_v =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.B = | 0.00 | [m] | $\eta =$ | 0.00 | [°] | $q_o =$ | 0.00 | [kN/m ²] |
| ecc.L = | 0.00 | [m] | c = | 4.90 | [kN/m ²] | FS = | 3.00 | |

| Meyerhof: | | Vesic: | | Hansen: | | Terzaghi: | |
|-----------|-------------|--------|-------------|---------|------------|-----------|--------|
| Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.48148197 | Nq = | 11.481482 | Nq = | 12.72 |
| Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.77891088 | Nc = | 21.7789109 | Nc = | 25.135 |
| Ng = | 7.609653789 | Ng = | 12.01386323 | Ng = | 7.56659492 | Ng = | 12.796 |

| Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | | Factor de forma | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|-----|
| sc = | 1.506288366 | sc = | 1.527183477 | sc = | 1.52718348 | sc = | 1.3 |
| sq = sg = | 1.253144183 | sq = | 1.481267499 | sq = | 1.4812675 | sg = | 0.8 |
| | | sg = | 0.6 | sg = | 0.6 | | |

| Factores de profundidad | | Factores de profundidad | | Factores de profundidad | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| dc = | 1.318210109 | dc = | 1.4 | dc = | 1.4 |
| dq = dg = | 1.159105054 | dq = | 1.781520472 | dq = | 1.78152047 |
| | | dg = | 1 | dg = | 1 |

| Factor de inclinación | | Factor de inclinación | | Factor de inclinación | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| ic = iq = | 1 | ic = | 1 | ic = | 1 |
| ig = | 1 | iq = | 1 | iq = | 1 |
| | | ig = | 1 | ig = | 1 |

| | | | | | |
|-------------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Kp = | 2.531441832 | <i>F. inclin. Cimentación</i> | | <i>F. inclin. Cimentación</i> | |
| | | bc = | 1 | bc = | 1 |
| | | bq = bg = | 1 | bq = | 1 |
| | | | | bg = | 1 |
| | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | | <i>F. d'inclin. Terreno</i> | |
| | | gc = | 1 | gc = | 1 |
| | | gq = gg = | 1 | gq = gg = | 1 |

| Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | | Capacità Portante: | |
|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|------------------------------|
| q_{ult} = | 2106.99 | q_{ult} = | 2832.17 | q_{ult} = | 2842.17 | q_{ult} = | 1682.62 [kN/m ²] |
| q = | 52674.69 | q = | 70804.27 | q = | 71054.26 | q = | 42065.43 [kN] |
| Q_{amm} = | 702.33 | Q_{amm} = | 944.06 | Q_{amm} = | 947.39 | Q_{amm} = | 560.87 [kN/m ²] |

Anexo VII

Panel de fotos



Entrada principal del mercado modelo



Calicata C-1



Calicata C-2



Calicata C-3



Calicata C-4



Calicata C-5



Calicata C-6



Calicata C-6