



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE
CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO
ARENOSO EN EL PROYECTO CONDOMINIO OASIS,
DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA - PERÚ**

**PRESENTADA POR
PERCY LUIS CHALCO CHÁVEZ
CLAUDIA FEBE OLIVOS GARCÍA**

**ASESOR
GONZALO FANO MIRANDA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2019



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

La autora sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

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



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES
SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN EL PROYECTO
CONDOMINIO OASIS, DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA –
PERÚ**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

CHALCO CHÁVEZ, PERCY LUIS

OLIVOS GARCÍA, CLAUDIA FEBE

LIMA – PERÚ

2019

A Dios, por permitirme cumplir una de mis mayores metas; a mis padres y hermana por el amor y apoyo incondicional diario, razón de mis logros y seguir adelante; a mi novia Isabel H, que me acompañó y motivó en todo momento; y a los asesores y maestros por sus conocimientos.

Percy Luis Chalco Chávez

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por brindarme vida, salud y ser mi guía durante el desarrollo de este proyecto.

A mis padres y a mi hermana, por saber aconsejarme en mis preocupaciones, estar pendiente de mis avances y darme el tiempo que necesitaba. A mi enamorado por su comprensión.

A los docentes de la Universidad por ser emisores de conocimientos y transmitirme la pasión por esta dedicada profesión: ingeniería civil.

Claudia Febe Olivos García

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.4 Justificación e importancia	3
1.5 Alcances y limitaciones	4
1.6 Viabilidad	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2 Bases teóricas	11
2.3 Marco legal	51
2.4 Definición de términos básicos	51
2.5 Formulación de hipótesis	53
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1 Diseño metodológico	54
3.2 Variables de estudio	55
3.3 Población y muestra	56
3.4 Instrumentos de recolección de datos	56
3.5 Procedimiento	57

CAPÍTULO IV. DESARROLLO	
4.1 Descripción del entorno de estudio	58
4.2 Investigaciones de campo	64
4.3 Ensayos de laboratorio	66
4.4 Cargas que serán transmitidas al suelo	69
CAPÍTULO V. RESULTADOS	
5.1 Determinación de la capacidad de carga por corte	71
5.2 Cálculo de asentamientos	75
5.3 Propuestas de cimentaciones superficiales	75
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN	82
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	84
FUENTES DE INFORMACIÓN	85
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1. Abertura de mallas	17
Tabla N° 2. Clasificación del suelo	19
Tabla N° 3. Cantidades mínimas de muestras representativas de la muestra total	20
Tabla N° 4. Parámetros y definición de agentes agresores	29
Tabla N° 5. Cantidades mínimas de muestras para Densidad in situ	31
Tabla N° 6. Factores de capacidad de carga de Terzagui	40
Tabla N° 7. Factores de capacidad de carga de Terzagui modificados	41
Tabla N° 8. Asentamientos diferenciales	49
Tabla N° 9. Límites de distorsión angular	50
Tabla N° 10. Esquematización de variables	55
Tabla N° 11. Factores de zona sísmica	63
Tabla N° 12. Tipo de edificación	64
Tabla N° 13. Número de puntos de investigación	65
Tabla N° 14. Ubicación de calicatas	65
Tabla N° 15. Resultados de Ensayos Estándar	66
Tabla N° 16. Resultados del ensayo de Cono de arena	67
Tabla N° 17. Resultados del ensayo de Corte directo	67

Tabla N° 18. Resumen del ensayo químico del suelo	68
Tabla N° 19. Consideraciones de cargas para modelado en Etabs	69
Tabla N° 20. Parámetros de resistencia del suelo	71
Tabla N° 21. Capacidad de carga por corte para cimiento corrido	72
Tabla N° 22. Capacidad de carga por corte para zapatas cuadradas	73
Tabla N° 23. Resumen de la capacidad de carga para cimiento corrido	74
Tabla N° 24. Resumen de la capacidad de carga para zapatas cuadradas	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Símbolos más usados para representar los suelos	12
Figura 2. Combinaciones de símbolos	13
Figura 3. Estratigrafía de un sondeo	13
Figura 4. Curva granulométrica	18
Figura 5. Carta de plasticidad	19
Figura 6. Curva de flujo	24
Figura 7. Curva de resistencia	27
Figura 8. Envolvente de resistencia	28
Figura 9. Clasificación de cimentaciones superficiales	34
Figura 10. Falla por corte general	35
Figura 11. Falla por punzonamiento	36
Figura 12. Falla por corte local	37
Figura 13. Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua	38
Figura 14. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático	45
Figura 15. Tipos de asentamiento	48
Figura 16. Vista de la ubicación geográfica del área de estudio	59

Figura 17. Acceso al área de estudio	60
Figura 18. Plano de ubicación del área de estudio	60
Figura 19. Zonas sísmicas de Perú	62
Figura 20. Planta típica 1º y 2º nivel, modelo en Etabs 16.2.1	70
Figura 21. Vista 3D	70
Figura 22. Losa de cimentación – Vista 3D	76
Figura 23. Diagrama de asentamientos – Losa de cimentación	76
Figura 24. Diagrama de capacidad de carga máxima del suelo	77
Figura 25. Zapatas conectadas con vigas de cimentación – Vista 3D	78
Figura 26 Diagrama de asentamientos – Zapatas con viga de conexión	78
Figura 27. Diagrama de capacidad de carga máxima del suelo	79
Figura 28 Cimiento corrido – Vista 3D	80
Figura 29. Diagrama de asentamientos – Cimiento corrido	80
Figura 30. Diagrama de capacidad de carga máxima del suelo	81

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación 1. Peso específico de masa	14
Ecuación 2. Peso específico de masa seco	14
Ecuación 3. Coeficiente de uniformidad	18
Ecuación 4. Coeficiente de curvatura	19
Ecuación 5. Contenido de humedad	21
Ecuación 6. Índice de plasticidad	23
Ecuación 7. Volumen del hueco (Cono de arena)	32
Ecuación 8. Masa seca del material extraído	32
Ecuación 9. Densidad húmeda	32
Ecuación 10. Densidad seca	33
Ecuación 11. Capacidad de carga última de Terzagui para cimentación . continua o corrida	39
Ecuación 12, 13 y 14. Factores de capacidad de carga de Terzagui	39
Ecuación 15. Capacidad de carga última de Terzagui para cimentación cuadrada	40

Ecuación 16. Capacidad de carga última de Terzagui para cimentación circular	40
Ecuación 17, 18, 19, 20 y 21. Capacidad de carga última de Terzagui por corte local	41
Ecuación 22. Ecuación general de capacidad de carga	42
Ecuación 23. Capacidad de carga en caso de carga inclinada Meyerhof	42
Ecuación 24. Factores de capacidad de carga – Meyerhof	42
Ecuación 25. Factores de forma – Meyerhof	42
Ecuación 26. Factores de profundidad – Meyerhof	42
Ecuación 27. Factores de inclinación de carga – Meyerhof	43
Ecuación 28. Factor de carga N_γ – Vesic	43
Ecuación 29. Factores de forma – Vesic	44
Ecuación 30. Factores de profundidad – Vesic	44
Ecuación 31. Factor “q”: Caso I	45
Ecuación 32. Factor “q”: Caso II	45
Ecuación 33. Factor “ γ ”: Caso II	46
Ecuación 34. Capacidad de carga permisible o admisible	47
Ecuación 35. Distorsión angular	48
Ecuación 36. Asentamiento elástico inicial	50

RESUMEN

En la presente investigación, se realizó un estudio geotécnico para proponer alternativas de cimentaciones superficiales en suelo arenoso. La zona de estudio fue desarrollada en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas-Pisco-Ica-Perú, en un área de 10,000 m², destinada para edificaciones de hasta dos niveles de construcción. La investigación surge debido a la ubicación geográfica del condominio, zona sísmica, tipo de suelo y los antecedentes históricos. El objetivo principal fue realizar un estudio geotécnico y presentar propuestas de cimentaciones superficiales que fueron verificadas mediante el programa SAFE. Para llevar a cabo esta investigación, se excavaron quince (15) pozos a cielo abierto entre 1.30 m a 1.90 m de profundidad, con el fin de extraer muestras de suelo y así poder determinar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, la estratigrafía superficial, capacidad de carga y asentamientos tolerables. Como resultado de la investigación se obtuvo una estratigrafía de suelo granular de arena mal graduada con capacidad de carga de 1.67 kgf/m² y con presencia de sales no perjudicial, proponiendo cimentar sobre zapatas conectadas con vigas de cimentación, cimiento corrido y losa de cimentación.

Palabras claves: Estudio geotécnico, cimentación superficial, estratigrafía, capacidad de carga y SAFE.

ABSTRACT

In the actual investigation, a geotechnical study was made to propose alternatives of surface foundations in sandy soil. The studied area was developed in the Oasis Condominium project, Paracas' district, Pisco-Ica-Perú, on an área of 10, 000 m², destined to buildings of two levels constructed. The investigation arises due to the geographic location of the condominium, seismic zone, soil type, and the historical background. The principal objective was to realize a geotechnical study and give proposals of surface foundations which were verified through the program SAFE. To carry out this investigation, fifteen (15) wells were excavated, open pit wells between 1.30m to 1.90m deep, in order to get soil samples and determinate their physical, chemical and mechanical properties, the superficial stratigraphy, loading capacity and tolerable settlements. As a result of the investigation, a stratigraphy of granular soil of poorly graded sand was obtained, with loading capacity of 1.67kgf/m², and with the presence of non-harmful salts, proposing foundation on shoes connected with foundation beams, continuous foundation and foundation slab.

Key Words: Geotechnical study, surface foundation, stratigraphy, loading capacity and SAFE.

INTRODUCCIÓN

El sector construcción, en la actualidad, muestra un ritmo de crecimiento mayor a otros sectores productivos, debido básicamente a la ejecución de proyectos de gran envergadura tanto a nivel privado como público. En vista de todo ello, es importante tener en cuenta un correcto proceso constructivo partiendo de un buen estudio geotécnico y los tipos de cimentación a proponer. El condominio Oasis bahía de Paracas se ubica en el distrito de Paracas, provincia de Pisco, departamento de Ica. En su primera etapa, realiza una habilitación urbana en un área de 200,130.16 m² destinada para la venta de 181 lotes, propone 5 modelos de casa diferentes dando como alternativa a los propietarios la construcción de estas mismas bajo dirección de Compañía Inmobiliaria de Paracas.

Los problemas que afectan a las estructuras cimentadas en un suelo arenoso, salobre y con nivel freático alto, es la posible falla por asentamiento. Asimismo, al encontrarse el condominio en una zona sísmica aumenta la posibilidad de generar un mal comportamiento estructural frente a este fenómeno.

Debido a la problemática expuesta, la presente investigación plantea como objetivo desarrollar un estudio geotécnico y presentar propuestas de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto Condominio Oasis bahía de Paracas. Como parte fundamental del procedimiento se tuvo en cuenta la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones. Se inició dicha investigación mediante un estudio

en gabinete recolectando toda información existente, visita técnica de reconocimiento del área a estudiar, ensayo in situ, calicatas y ensayos de laboratorio de tal forma se pueda conocer las características físicas y químicas del suelo utilizado para la cimentación, posteriormente con toda esta información obtenida se determinó los parámetros de resistencia del suelo y se propuso alternativas de cimentaciones superficiales: losa de cimentación, zapatas conectadas con vigas de cimentación y cimiento corrido, los cuales serán verificados mediante el programa SAFE.

La tesis comprende seis (6) capítulos. El primero corresponde al planteamiento del problema, se formula el problema general y los problemas específicos, se presenta los objetivos de la investigación, justificación e importancia, alcances, limitaciones y viabilidad. En el segundo, se desarrolla el marco teórico, antecedentes de la investigación, bases teóricas, marco legal, definición de términos básicos y la formulación de las hipótesis. El tercero trata sobre la metodología aplicada a la investigación, definición de las variables de estudio, determinación de la población y muestra e instrumentos de recolección de datos. En el cuarto, se presenta el desarrollo de la situación del entorno de estudio, resultados de ensayos de laboratorio y las cargas transmitidas al suelo a través del modelado en ETABS. En el quinto, se muestran los resultados de la determinación de la capacidad de carga según métodos analíticos: Terzagui, Vesic y Meyerhof para diferentes profundidades de desplante utilizadas y se muestra el diseño de las propuestas de cimentaciones superficiales modeladas en SAFE. Y en el sexto capítulo, se expone la discusión, en la cual se realiza la interpretación de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Partiendo de una problemática muy ligada a nuestro tema de interés, se tiene que el borde occidental del Perú muestra un elevado índice de ocurrencia de actividades sísmicas y que, de acuerdo con su magnitud, muchos de ellos han ocasionado daños importantes en ciudades y localidades distribuidas cerca de zona costera. Los sismos al ser eventos cíclicos se espera que en un futuro regresen con la misma o mayor intensidad; entonces, es de importancia la intensidad del sacudimiento del suelo (más no el tamaño del sismo), la educación de la población y la calidad de las construcciones. (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2017a)

Por otra parte, los continuos procesos de migración a las principales ciudades en las últimas décadas y debido a una inadecuada planificación urbana, ha llevado a la población a ocupar zonas de alto riesgo. A estas condiciones se le adiciona un alto número de viviendas construidas inadecuadamente, sin seguir criterios de orden territorial y menos aún sin respetar las normas técnicas peruanas. (IGP, 2017b)

Para que una construcción sea de calidad y duradera es importante que se realice una óptima cimentación y para ello es necesario el reconocimiento del

terreno en el que se construya la edificación. La adecuada agrupación de los materiales del subsuelo es un procedimiento fundamental para toda investigación, ya que estos resultados permiten anticipar experiencias durante y finalizada la construcción. Ante ello, se deduce que la finalidad de los estudios geotécnicos es analizar y cuantificar las características físicas y mecánicas de los suelos, pues su comportamiento es relevante al momento de ser usado como elemento de soporte de una estructura determinada (cimentaciones).

La zona donde se realizó el proyecto de investigación se ubica en la bahía de Paracas, distrito de Paracas, tiene una extensión de 20 hectáreas y se tiene planificado emplearlo como condominio distribuido en 181 lotes de gran tamaño. Ante las condiciones del lugar, se observa que el área presenta un suelo arenoso, la cual no garantiza seguridad en la estructura de la cimentación, por esa razón se pretende determinar los parámetros del suelo mediante un estudio geotécnico para presentar alternativas de diseño de cimentaciones en este tipo de suelo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general:

¿En qué medida el estudio geotécnico influye en el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú?

1.2.2 Problemas específicos:

¿En qué medida los parámetros de resistencia del suelo arenoso influyen en el diseño de cimentaciones superficiales en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú?

¿Cómo influye el nivel freático del suelo arenoso en el diseño de cimentaciones superficiales en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú?

¿Cómo verificar el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general:

Realizar el estudio geotécnico y presentar propuestas de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú.

1.3.2 Objetivos específicos:

Determinar los parámetros de resistencia del suelo arenoso para el diseño de cimentaciones superficiales en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú.

Determinar el nivel freático del suelo arenoso para el diseño de cimentaciones superficiales en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú.

Elaborar propuestas de diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú.

1.4 Justificación e importancia

Esta investigación es de gran importancia porque se ha logrado determinar mediante el estudio geotécnico parámetros de resistencia del suelo, los cuales han sido relevantes para el desarrollo de las propuestas de cimentaciones superficiales en el Condominio Oasis. Dicho condominio se encuentra en un área vulnerable ante sismos, por esta razón, el análisis del suelo y de las cimentaciones apoyadas en él son necesarias para las personas que habitan en el condominio.

No olvidemos que el cumplimiento de las normativas vigentes como la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, E.030 Diseño Sismorresistente,

E.060 Concreto Armado, entre otras, permitirán que se construyan edificaciones seguras y con más tiempo de vida útil.

Por otra parte, para el desarrollo profesional se eligió un tema que brinde ventajas competitivas en futuros proyectos a realizar y con la finalidad de satisfacer las necesidades de la sociedad.

1.5 Alcances y limitaciones

Para este proyecto, se tuvo que realizar exploraciones a cielo abierto mediante calicatas, las cuales suman un total de quince (15). Ya que estas calicatas fueron ejecutadas por los investigadores de este proyecto con el permiso correspondiente del gerente de la inmobiliaria “Compañía Inmobiliaria de Paracas” y con el apoyo de tres obreros, solo se ha obtenido una muestra por calicata debido a que el nivel freático se encontraba a una profundidad promedio de 1.50m, obstaculizando la excavación y por la seguridad del personal obrero.

1.6 Viabilidad

Este proyecto es viable, técnicamente, porque las exploraciones realizadas en el lugar han sido permitidas por parte de la gerencia de la inmobiliaria, el traslado de las muestras hacia el laboratorio de mecánica de suelos no fue dificultoso, y el permiso para su uso se desarrolló rápidamente. Por otro lado, la cantidad de investigaciones, libros y publicaciones relacionadas con el tema de interés sirven de modelo para la realización de este proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Como parte de la investigación preliminar este subcapítulo resume el contenido de diez tesis: cinco a nivel nacional y cinco a nivel internacional.

2.1.1 A nivel nacional

Gonzáles, N. & Torres, J. (2018) presentaron la tesis de pregrado titulada *Microzonificación geotécnica y diseño de cimentaciones superficiales en el sector Taquilla de las Delicias, distrito de Moche, provincia de Trujillo – La Libertad*, esta investigación consiste en establecer microzonas cuyas características geotécnicas sean similares; y a la vez, realizar el diseño de la cimentación en el sector Taquilla de las Delicias. En la elaboración de la investigación, se siguió la siguiente metodología: identificar las zonas de muestreo en el área de estudio, realizar los pozos explorativos (24 calicatas), determinar el perfil estratigráfico y la toma de muestras, realizar ensayos en el laboratorio como en el campo y analizar e interpretar estos resultados.

Se determinó que el material predominante es arena mal graduada (SP) y que los principales problemas del sector son: niveles de napa freática elevada, licuefacción de suelos y baja capacidad de carga. Para el resultado de la capacidad de carga última por corte se tomaron en cuenta los métodos de Terzaghi, Meyerhof y Vesic, para profundidades de desplante de 0.80 m, 1.00 m y 1.20 m, y con distintos anchos de cimentación; siendo el método de Meyerhof el más

conservador para cimientos corridos y para zapatas cuadrados, también se utilizó la ecuación de capacidad de carga última afectada por el nivel freático. Para obtener los asentamientos se tomó en cuenta el método de Tezagui y Peck y el método de Bowles, debido a que se realizaron tres (3) auscultaciones para determinar los asentamientos directamente mediante estos dos métodos

Pajuelo, A. (2018) presentó la investigación de pregrado llamada *Diseño geotécnico de la cimentación del mercado modelo Villas de Ancón, distrito de Ancón*, la zona de estudio comprende un área de 8,065.13 m² y se proyecta la construcción de un mercado de 4 niveles. Se plantea evaluar la incidencia del estudio geotécnico para proponer un tipo de cimentación. Para ello se realizaron seis calicatas a cielo abierto entre 3.60 m a 4.00 m de profundidad, obteniéndose así una estratigrafía de arena mal graduada (SP), con capacidad portante de 216.26 KN/m² (2.21 kg/cm²). El autor desarrolla cinco alternativas de cimentaciones que comprenden zapatas cuadradas de las siguientes dimensiones: Z1= 1.0 m, Df1 = 1.5m, Z2=1.5m, Df2=1.5m, Z3=2m, Df3=1.5, Z4=2.50m, Df4=2m y Z5=3m, Df5=2.5m de las cuales obtiene su capacidad de carga admisible para cada dimensionamiento a través de los métodos de Meyerhof, Vesic', Hansen y Terzaghi presentando en una gráfica el resultado promedio de los valores de la capacidad de carga admisible. Los resultados hallados permiten decidir que el diseño de la cimentación será una losa de cimentación de una profundidad de desplante de 1.5 m, finalmente se realiza el modelamiento de la losa en el programa SAFE 2014 para evaluar que el diseño propuesto cumpla con los asentamientos permisibles.

Escriba, J. (2016) con su investigación titulada *Cimentaciones superficiales apoyadas en suelos arenosos con aplicación en el asentamiento humano Cocalla – Lomo de Corvina – Villa El Salvador* (Tesis de pregrado), cuya finalidad es conseguir información de la clase de suelo en la zona para el diseño de cimentaciones de viviendas de no más de 4 pisos. Para dicho fin se desarrolló una exploración geotécnica en un área de 11,507 m². Obteniéndose que el suelo está conformado por arenas de grano fino a medio mal graduada. De los resultados del perfil estratigráfico se definió la profundidad de la cimentación (Df=1.40 m), los resultados del ángulo de fricción, módulo de elasticidad y coeficiente de poisson se obtuvo mediante el ensayo SPT (Ensayo de Penetración Estándar) y con dichos

valores se calculó el asentamiento a través del método de Bowles de dos estructuras de cuatro pisos (1: albañilería confinada con cimiento corrido y 2: sistema aporticado con zapatas), presentando asentamientos admisibles. Finalmente, el cálculo de la capacidad de carga admisible por corte se realizó a través de los métodos de Terzagui, Vesic' y Meyerhof para $D_f=1.40\text{m}$.

Laura, S. (2016) presenta la tesis de pregrado llamada *Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la bahía de Puno, para cimentaciones superficiales*, esta consiste en calcular la carga máxima admisible del suelo mediante procesos y métodos utilizados, que no provoque problemas de rotura o deformación del suelo que perjudique la estructura proyectada. Se realizaron ensayos en el laboratorio para definir las características de los suelos lacustres obteniendo que es un suelo blando arcilloso con presencia de materia orgánica, presentando un ángulo de fricción de 4.1° y cohesión de 0.27 kg/cm^2 . El autor compara la carga última de los resultados obtenidos a través de los métodos de Terzagui, Meyerhof, Hansen y Vesic para zapatas cuadradas de 1m y de 1.5m , con profundidad $D_f=1.0\text{m}$. En el desarrollo, se presenta una carga última de 26.69 ton/m^2 y 25.8 ton/m^2 , respectivamente. Concluyó que las edificaciones con zapatas de $1\text{m} \times 1\text{m}$ soportan 1 piso en elevación y las edificaciones con $1.50\text{m} \times 1.50\text{m}$ soportarán dos pisos.

Baquerizo, C. (2015) presentó la tesis de pregrado: *Estudio geotécnico de suelos para la construcción del complejo deportivo Piuray Pampa, distrito de Chincheros Urubamba – Cusco*, se basa en realizar un estudio geotécnico para la cimentación del complejo deportivo Piuray, con la característica que se encuentra sobre suelos que contienen diatomeas. Los suelos diatomáceos son sedimentos lacustres de origen volcánico y materia orgánica que tienen propiedades que no son aceptadas para la mayoría de los suelos. Del estudio geotécnico resultó que el suelo está conformado por limos, con un contenido de humedad de 65% , de color blanco y de nivel freático variable. Del ensayo de corte directo se tiene como resultado: $\Phi = 35^\circ$ y cohesión nula.

Para el diseño de la cimentación, el autor toma como método las ecuaciones de Terzagui para obtener la capacidad de carga admisible afectada por nivel freático y los asentamientos los obtiene mediante la Teoría de la Elasticidad

para zapatas cuadradas de: 1.5m, 2m y 3m y una zapata rectangular de 4m x 3m a profundidades que varían desde 1.25 m hasta 4.00 m.

2.1.2 A nivel internacional

Un importante antecedente es el de Castillo, M. (2017) titulada *Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia la Matriz del cantón Patate provincia de Tungurahua*, está basada en la obtención de datos mediante ensayos de granulometría, límite de Atterberg y humedad natural del suelo, también se calculó la capacidad de carga a través de la ecuación general de Terzaghi para luego calcular el coeficiente de balasto en relación a la capacidad de carga del suelo.

A base de la capacidad de carga se obtuvo la resistencia de áreas de terreno, que según la clasificación de Terzaghi se analizó si se encuentran en el rango para poder realizar construcciones seguras y estables. Para calcular las cimentaciones, modelaron un edificio de 5 pisos con zapatas de cimentación, viendo que en la parte central de las zapatas están concentrados los mayores esfuerzos y cargas. Llegando a la conclusión que para todas las zonas se propone la construcción de zapatas aisladas con nivel de fundición (-1.50m), y diversos dimensionamientos de estas mismas según zonas específicas. Esta tesis nos ayudó mucho a identificar los datos y valores necesarios que se obtuvieron de los estudios de suelo para aplicarlos y definir el diseño de cimentación.

Molina, E. (2016) presentó la tesis de pregrado *Caracterización geotécnica de la ciudad de Barranquilla, Colombia*, consistió en realizar estudios geotécnicos y geológicos como también coleccionar información confiable y debidamente elaborada de estudios de suelos para extracción de muestras alteradas e inalteradas realizados mediante ensayos de penetración estándar (SPT), rotación con barrenas, roto-percusión y lavado. De tal forma con la interpretación de los resultados de informes y ensayos en laboratorio, se pudo proponer una caracterización geotécnica donde mediante un mapa se pueda ubicar diversos tipos de suelo con sus respectivas características, de este modo se pueda tener información básica ante un proyecto constructivo. Concluyó afirmando que, según la estratigrafía de los suelos, en los suelos de Barranquilla, demuestran que

predominan materiales granulares en los primeros metros. Las propiedades geotécnicas y geológicas brindan información necesaria y suficiente para realizar una caracterización geotécnica completa, y que con estas dos últimas se puede determinar un uso de suelo con fines constructivos. Esta tesis aportó e este trabajo los estudios geotécnicos necesarios y suficientes para poder tener en cuenta al momento de empezar toda obra constructiva.

Arévalo, R. & Oña, H. (2011) con la investigación de pregrado titulada: *Cálculo y diseño estructural de un coliseo para el colegio Juan de Salinas*, esta investigación comenzó de tan solo un proyecto arquitectónico, realizando primero un análisis de estudio mecánico del suelo para obtener los valores del ensayo técnico de penetración estándar, clasificación estratigráfica del suelo y por último el coeficiente de balasto. Luego se realizó una identificación de cada elemento estructural que detalla el plano arquitectónico, determinando las fuerzas y cargas que aplican las mismas, se obtuvieron resultados de las fuerzas axiales, momentos máximos, deformaciones en vigas y reacciones.

Posteriormente, se fueron corroborando los resultados de cálculos directos de cada elemento estructural con los datos obtenidos en el software SAP-2000. Para el diseño de la cimentación se utilizaron hojas electrónicas elaboradas en Excel tomando en cuenta los resultados de fuerzas y cargas obtenidas anteriormente, como también reacciones en el estrato de suelo y su capacidad portante. Proponiendo como resultado de cimiento, zapatas aisladas.

Martinez, G. & Pereira, Y. (2010) expusieron la investigación titulada *Importancia del estudio del suelo para la determinación de fundaciones en obras civiles* (Tesis de pregrado), en esta, se realiza una investigación de tal forma se pueda determinar las cimentaciones en obras civiles. La metodología consta principalmente en dos estudios, primero la calicata que realizaron para medir la dureza del terreno y segundo sondeos o pozos de profundidad que vendría a ser un estudio más avanzado, donde se obtienen pruebas alteradas e inalteradas a profundidades mayores a 10m, considerando una perforación cada 250 m² de superficie como mínimo. Posteriormente realizar ensayos de laboratorio tales como cuchara Casagrande, ensayo de comprensión triaxial o corte directo y círculo de Mohr. Por último en base a los resultados de estudios de suelo, se describirá las

normativas que rigen y están establecidas al momento de realizar un diseño de cimentación. Concluyen reafirmado la importancia de realizar estudios geotécnicos para todo tipo de construcción civil, determinando dos caracteres de estudio de suelo, preliminar y definitivo; el preliminar con fines de factibilidad de ejecutar una obra y el definitivo para fines de diseño y construcción.

Montes de Oca, C. (2009) presentó la tesis de pregrado *Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones para el hospital Starmédica, ubicado en el Edo de México*, se realizó un análisis geotécnico para definir propuestas de cimentación en un predio de aproximadamente 1500 m² ubicado en el Bordo de Xochiaca en ciudad de Netzahualcóyotl, donde se construirá un edificio de seis niveles destinados para usos médicos. Dicho estudio geotécnico está basado en realizar cinco sondeos exploratorios del subsuelo hasta 70 m. de profundidad, de los cuales dos de tipos mixtos usando la técnica de penetración estándar (SPT) e hincado del cono eléctrico (SCE) y los tres restantes usando la técnica SPT, adicional a esto se obtuvieron muestras inalteradas para un sondeo selectivo (SMS).

También se realizaron ensayos de laboratorio para determinar los índices de humedad y contenido de finos, con estos resultados se determinaron las propiedades densidad de sólidos, granulometría por mallas, límites de consistencia y peso volumétrico natural. Arrojando como resultado que el sitio de estudio es una zona lacustre constituida por potentes depósitos de arcilla altamente comprensibles, separadas por capas areno limosas o areno-arcillosas. En base a estos resultados geotécnicos y tomando una decisión en conjunto con un comité de construcción, Montes determina como propuesta de cimentación para el proyecto, utilizar como estructura de apoyo una cimentación compensada, que vendría a ser un cajón, con la rigidez correcta.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El suelo y su origen

La definición sobre suelo que se considera muy completa es la mencionada por Crespo (2004), "suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material proveniente de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan" (p.18).

Entre los agentes físicos más importantes que producen la formación de suelos a través de las rocas se encuentran: el sol, el agua, el viento y los glaciares, pero estos agentes no tienen la capacidad de minimizar los fragmentos de rocas a tamaños inferiores de 0.01 mm. Los tamaños menores a 0.01 mm sólo pueden realizarse mediante procesos químicos. Los agentes químicos de mayor relevancia son: la oxidación, la carbonatación y la hidratación. Por otra parte, también se encuentran los suelos orgánicos, los cuales están formados por partículas finas llamadas humus y partículas de minerales. (Crespo, 2004)

2.2.2 Principales tipos de suelos

Continuando con Crespo (2004), presenta las siguientes definiciones de los principales tipos de suelo existentes:

Gravas

Son fragmentos de rocas que presentan partículas desde los 2mm hasta 3 pulgadas (7.62cm). Por su origen, las gravas al ser trasladadas por las aguas presentan las aristas redondeadas debido al desgaste

Arenas

Material de grano fino cuyas partículas van desde los 2mm hasta los 0.05 mm de diámetro. Las arenas al estar limpias no son plásticas ni se contraen, a comparación con las arcillas, se comprimen menos y al emplear una carga sobre ellas se comprimen inmediatamente.

Limos

Presentan poca o ninguna plasticidad. Sus partículas finas varían entre 0.05 mm y 0.005 mm de diámetro. Se muestran dos tipos de limos: los inorgánicos, producidos en las canteras y los orgánicos, manifestando características plásticas presentes en los ríos.

Arcillas

Partículas de diámetro inferior a 0.005 mm, presentan cohesión, características plásticas, se comprimen lentamente al soportar una carga. “Un contenido mínimo del 15% de arcilla en un suelo le dará a éste las propiedades de la arcilla” (p.25).

La figura 1 muestra los símbolos más usados para representar a los principales tipos de suelo:

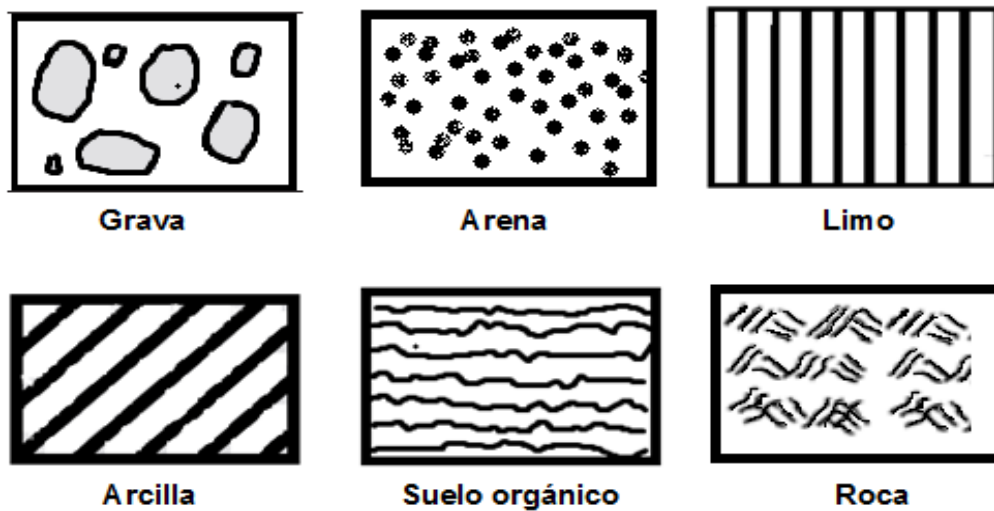


Figura 1: Símbolos más usados para representar los suelos
Fuente: Crespo, 2004

Combinaciones con los símbolos anteriores se presentan en la figura 2:

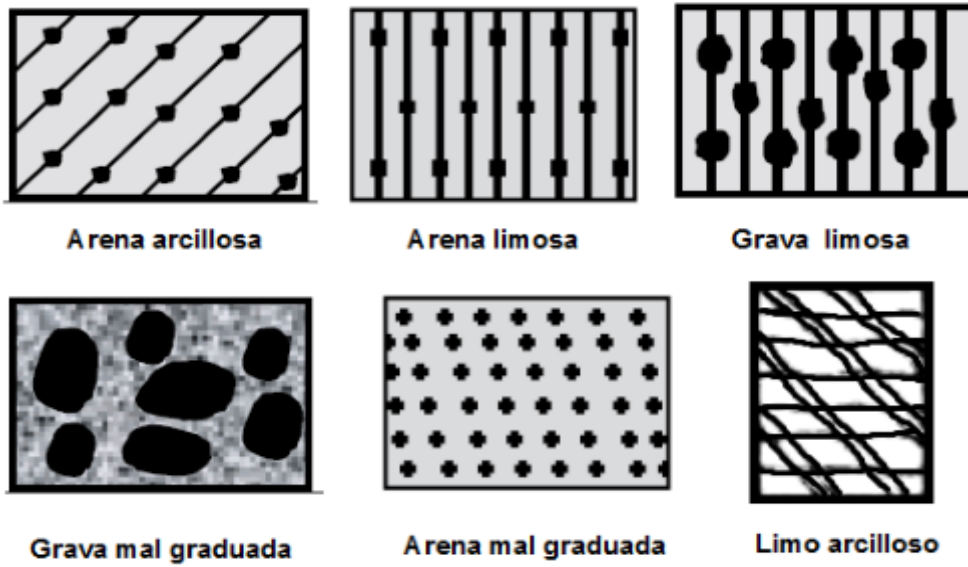


Figura 2: Combinaciones de símbolos
Fuente: Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones

Ejemplo de una estratigrafía de un sondeo representado en la siguiente figura:

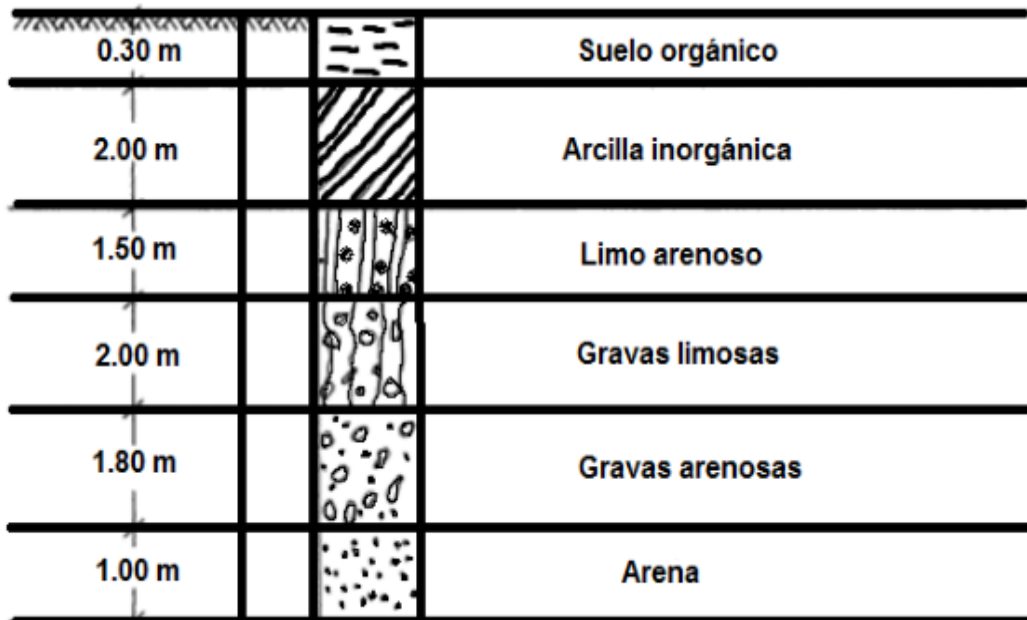


Figura 3: Estratigrafía de un sondeo
Fuente: Crespo, 2004

2.2.3 Principales propiedades del suelo

Densidad

Es, “la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volumen [...]” (Crespo, 2004, p.42). La unidad de la densidad más usada se expresa en: g/cm^3 .

Peso específico de masa (γ_m)

Razón del peso del suelo al volumen del unitario.

$$\gamma_m = \frac{\text{Peso total}}{\text{Volumen total}} \quad (1)$$

Peso específico de masa seco (γ_d)

Razón del peso del suelo al volumen del unitario.

$$\gamma_d = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Volumen total}} \quad (2)$$

Humedad

Escriba (2016) menciona que, “la resistencia de un suelo varía de acuerdo a su contenido de humedad, un suelo muy húmedo comúnmente resiste menos carga que el mismo suelo a un grado de humedad menor. La posición del nivel freático determina mayormente la humedad del suelo” (p.8).

Fricción interna

Expresado como ángulo de fricción interna Φ (phi). Los valores de Φ varían desde los 28° para arenas sueltas y limos no plásticos, hasta los 48° para gravillas. El ángulo crece junto con la densidad, la granulometría y la angularidad de las partículas del suelo.

Cohesión

Un concepto muy completo sobre cohesión es el que a continuación se describe: “Es el resultado de las fuerzas que tienden a permanecer en contacto un conjunto de partículas. Dichas fuerzas pueden estar integradas por la atracción molecular de las partículas, llamadas *cohesión verdadera* [...]”. Cuando la cohesión

es estimulada por agua o algún otro material más viscoso, se le designa *cohesión lubricante o capilar*. (Regal 1939, p.252)

Compresibilidad

Al aplicar carga a una masa de suelo se producen cambios en el volumen y desplazamientos, esta propiedad origina los asentamientos en la cimentación. En suelos granulares, la compresibilidad es representada por el *módulo de Young E*.

Permeabilidad

Propiedad que se le atribuye a la masa de suelo cuando permite el flujo de líquidos por medio de un gradiente hidráulico.

Regal (1939) menciona algunas propiedades de los principales tipos de suelos mencionados:

Grava, tiene fricción interna elevada, cohesión nula, permeabilidad alta, no es compresible, no tiene elasticidad y no es expansiva.

Arena, tiene fricción interna, cohesión cero, permeabilidad alta y al igual que la grava, no es compresible, no es elástica ni expansiva.

Limo, presenta fricción interna baja. En suelos bien graduados se comporta como material de apoyo rellenando los vacíos, tiene poca cohesión, es permeable y tiene propiedades expansivas y compresivas.

Arcilla, de cohesión alta, es permeable, no tiene fricción interna y es muy expansiva.

2.2.4 Estudio geotécnico

Es el conjunto de actividades que nos permiten conocer las características y propiedades del suelo, necesarias para la realización de cualquier tipo de proyecto que se emplazará sobre este.

2.2.4.1 Técnicas de reconocimiento

Las técnicas de reconocimiento de un estudio geotécnico se agrupan en dos métodos:

Métodos directos: “permiten el acceso y observación directa al subsuelo, permitiendo a su vez la obtención de muestras” A este grupo pertenecen los sondeos geotécnicos, las calicatas y zanjas.

Métodos indirectos: “se llevan a cabo sin necesidad de acceder directamente al terreno, midiendo desde la superficie algunas propiedades físicas de los materiales que constituyen los diferentes estratos del terreno”. Se incluyen los ensayos in situ y la prospección geofísica. (Herrera & Castilla, 2012)

2.2.4.2 Obtención de muestras

Las muestras son fragmentos de suelos que se extraen para representar al suelo y que permiten la realización de ensayos en el laboratorio. Por su obtención, Herrera & Castilla (2012) las clasifican en dos grupos:

Las **muestras alteradas**, conservan solo algunas de las propiedades del terreno en su estado natural. (p.6)

Las **muestras inalteradas**, conservan, al menos teóricamente, las mismas propiedades que tiene el terreno in situ. (p.6)

2.2.5 Ensayos de laboratorio y densidad in situ

2.2.5.1 Ensayo de Análisis Granulométrico (NTP 339.128)

El siguiente ensayo ha sido recuperado por la Universidad de Chile (2006) en el cual se redacta el siguiente procedimiento:

El análisis granulométrico para una determinada muestra de suelo cuantifica el peso que tienen los diferentes tamaños de granos, dicha cantidad fue definida a base de diferentes aberturas de mallas a utilizar.

Equipo

1. Se utilizaron mallas con diferentes aberturas (ver tabla N°1) según el ASTM:

Tabla N° 1
Abertura de mallas

MALLA	Abertura (mm)	MALLA	Abertura (mm)
3"	75.0	# 4	4.750
2 1/2"	63.0	# 8	2.360
2"	50.0	# 10	2.000
1 1/2"	37.5	# 30	0.600
1"	25.0	# 40	0.425
3/4"	19.0	# 50	0.300
1/2"	12.5	# 100	0.150
3/8"	9.5	# 200	0.074

Fuente: ASTM D422

2. Balanzas con diferentes precisiones

Procedimiento

- Con la finalidad de poder obtener los valores del porcentaje de finos de manera confiable, teniendo la muestra seca, se procedió a pasar por la malla 3/8" y almacenar el pasante.
- Determinar el peso de los gránulos retenidos de la malla 3/8" a través de las mallas 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8", de tal forma obtener el peso de los gránulos retenidos en cada una de dichas mallas.
- Mezclar los gránulos pasantes de la malla 3/8" con una muestra representativa.
- Dicha muestra obtenida se colocó en etapa 3 sobre la malla #200, con agua limpia se procederá a lavar el material haciendo que arrastre todos los finos.

- Al día siguiente el retenido de la malla #200, fue secado en horno para el respectivo pesado.
- Pasar la muestra por las mallas #4 a la #200, llevando un registro de peso de cada malla con los gránulos retenidos.

El registro de datos obtenido fue trasladado a un gráfico semilogarítmico (ver figura 4) cuya abscisa es los tamaños de partículas y la ordenada será el porcentaje de pasante en peso.

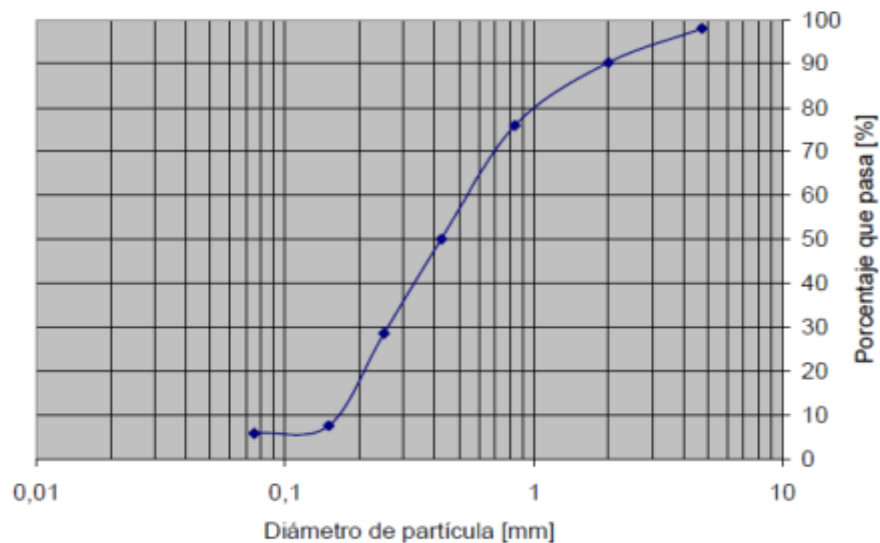


Figura 4: Curva granulométrica.
Fuente: Universidad de Chile (2006)

Colocando los datos de pesos obtenidos durante el análisis granulométrico en la carta semilogarítmico, se obtiene la curva de distribución granulométrica, mediante la cual se pudo obtener tamaños de partículas característicos tales como D_{10} , D_{30} , y D_{60} , denotando el D como el tamaño que tiene cada partícula y el subíndice numeral como el porcentaje pasante.

Posteriormente se calculó el rango de tamaños de granos que presenta una determinada muestra, mediante el coeficiente de uniformidad C_u , definida como:

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3)$$

Luego se procedió a calcular el coeficiente de curvatura C_c , que determina la curva entre el D_{60} y el D_{10} , mediante la siguiente ecuación:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (4)$$

Tabla N° 2
Clasificación del suelo

Suelos de grano grueso	Suelos de grano fino
>50% queda retenido en la malla #200 (0.074 mm)	>50% pasa por la malla #200 (0.074 mm)
Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla #4 (4.75 mm) - Fricción fina <5%: GW, GP según Cu y Cc. - Fracción fina >12%: GM, GC según carta de plasticidad. - Fracción fina 5% y 12%: Símbolos dobles: Ej.: GW-GC, mezcla bien graduada de arena y grava en una matriz arcillosa.	- Carta de plasticidad.
Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla #4 (4.75 mm) - Fricción fina <5%: SW, SP según Cu y Cc. - Fracción fina >12%: SM, SC según carta de plasticidad. - Fricción fina 5% Y 12 %: Símbolos dobles.	

Fuente: Universidad de Chile (2006)

Carta de plasticidad:

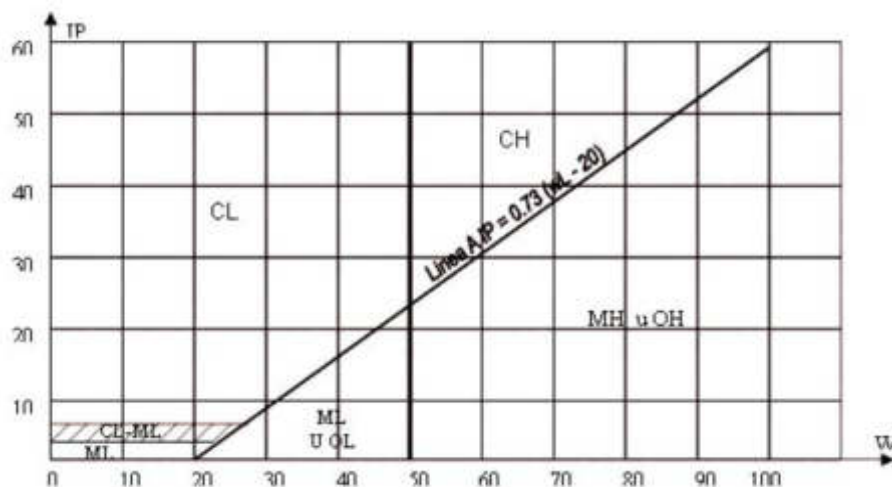


Figura 5: Carta de plasticidad.
Fuente: Universidad de Chile (2006)

2.2.5.2 Ensayo Contenido de humedad del suelo (NTP 339.127)

El siguiente ensayo ha sido recuperado por la Universidad Nacional de Ingeniería (2006) en el cual se redacta el siguiente procedimiento:

La finalidad de este ensayo es determinar la cantidad de humedad que contiene un suelo expresado en porcentaje. Para obtener el peso del agua que será eliminada, se introduce una porción de suelo húmedo en un horno graduado a $100 \pm 5^\circ\text{C}$. El peso que se obtiene de dicha muestra retirada del horno vendría a ser el peso de las partículas sólidas. La diferencia que existe entre el peso posterior al secado de la muestra se considera como el peso del contenido de agua.

Las muestras que sirvieron para realizar el ensayo fueron transportadas según las alternativas que indica la Norma D-4220, aquellas muestras que sean almacenadas para luego ser ensayadas son colocadas en recipientes herméticos con una temperatura entre 3°C y 30°C , aproximadamente, de este modo se evitó que la muestra no se altere a causa de la luz solar.

En caso de no utilizar una muestra total, considerar una cantidad mínima de muestra que represente a la totalidad, según la tabla N°3:

Tabla N°3

Cantidades mínimas de muestras representativas de la muestra total

Máximo tamaño de partículas (pasa el 100%)	Tamaño de malla Estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g
4.75 mm	4.760 mm (N° 4)	100 g	20 g
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	19.050 mm (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm	38.1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75.00 mm	76.200 mm (3")	50 kg	5 kg

Fuente: UNI (2006)

Procedimiento

- Tomar nota del peso de un recipiente limpio en su totalidad.
- Seleccionar la muestra representativa.

- Registrar el peso de la muestra colocada en un recipiente conjuntamente.
- Introducir al horno la muestra húmeda colocada en el recipiente. De tal forma se buscará que la muestra logre una masa homogénea, manteniendo el horno a $100 \pm 5^\circ\text{C}$. El tiempo requerido para el secado dependerá mucho de la cantidad de muestra y la capacidad y tipo de horno.
- Retirar del horno y dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente de tal forma se pueda manipular manualmente. Se procederá a pesar el recipiente o tara, posteriormente la muestra secada en el horno utilizando una sola balanza. Registrar estos valores.

Cálculo:

El contenido de humedad presente en una muestra se determinó con la fórmula siguiente:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_1} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

W = Peso del contenido de humedad (%)

Ww = Peso del agua

Ws= Peso seco del material

W1 = Peso de tara más suelo húmedo (g)

W2 = Peso de tara más suelo seco (g)

2.2.5.3 Ensayo de Límites de Atterberg (NTP 339.129)

El siguiente ensayo ha sido recuperado por la Universidad de Chile (2006) en el cual se redacta el siguiente procedimiento.

El ensayo de laboratorio Límite de Atterberg permite determinar aquellos límites rango de humedad donde un determinado suelo aún se mantiene en estado plástico. Con esto se obtuvo un resultado con el cual determinó la clasificación del suelo, siguiendo lineamientos de la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).

Dicho ensayo ideado por el químico y científico agrícola sueco llamado Atterberg. Luego fue acondicionado con fines de mecánica de suelos por el profesor Casagrande. Para realizar este ensayo, es necesario trabajar también con aquel material menor que la malla #40 (0.42mm). De tal modo se trabajó con fracciones de arena fina y no tan solo con la parte final del suelo (< malla #200).

Definiciones

Contenido de humedad (w): Es el cociente que se obtiene entre el peso del agua y el peso de suelo seco de una muestra, expresado en porcentaje:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

W_w = Peso del agua

W_s = Peso del suelo seco

Límite Líquido (w_L o L_L): Cantidad de un agua que presenta una muestra de suelo, que se encuentra en el límite entre el estado semi - líquido y el estado plástico.

Límite Plástico (w_p o L_p): Cantidad de agua en un determinado suelo que se encuentra en el límite entre el estado semisólido y el estado plástico.

Índice de plasticidad (IP): Es la diferencia del límite líquido con el plástico, determina aquel rango de humedad en que una determinada muestra de suelo se conserva aún en un estado plástico:

$$IP = L_L - L_P \quad (6)$$

Equipos

Teniendo como referencia la norma ASTM N° D4318-95^a)

1. Copa de Casagrande.
2. Acanalador.
3. Balanza con sensibilidad de 0.1 g.
4. Otros: Cápsula de porcelana, placa de vidrio, espátula de acero flexible, horno adaptable a 110° y agua destilada.

Procedimiento y cálculo:

1. Acondicionamiento del material

Se considera la muestra de suelo pasante por la mala #40 (0.42 mm). Es necesario obtener una muestra pastosa semilíquida, esto involucra agregar o retirar agua a la muestra para llegar a estas condiciones.

Para aquellos suelos limos como también arenosos, cuya característica es contener poca arcilla, el ensayo precederá a realizarse posteriormente habiendo agregado agua a la muestra, se seguirán los pasos descritos en la letra b.

Para los limos arcillosos se conserva la pasta en un recipiente aproximadamente 4 horas. Para las arcillas el tiempo debe ser de 15 a más horas para que de tal modo la humedad sea uniforme en la muestra.

2. Determinación del límite líquido.

- Se utiliza como muestra 100 g. de muestra representativa de suelo pasante de la malla Nro. 40, luego se coloca dicha muestra en una capsula de porcelanato con el fin de crear una mezcla homogénea, pastosa y de consistencia suave, teniendo en cuenta que se le puede agregar agua durante el mezclado.

- Utilizando la espátula, se coloca la muestra en la Copa Casagrande, de tal modo se forme una pasta alisada con espesor de 1 cm en la zona de alta profundidad.
- La muestra representativa de suelo aplicada en la copa Casagrande se divide en dos porciones iguales por la parte media utilizando un ranurador. El trazo del ranurador será de la parte superior hacia la parte inferior de la copa en todo el recorrido. En suelos arenosos, la profundidad del surco debe aumentar en cada pasada del ranurador laminar, solo en la última pasada debe rascarse el fondo de la copa.
- Posterior realización de la ranuración, se empieza a maniobrar la manija de la copa controlando dos golpes por segundo, registrando la cantidad de golpes dados hasta que la parte inferior del talud de la ranura se junte a 1.27 cm (1/2") entre los 6 y 35 golpes. Si esta condición no cumple, se procede a recoger la muestra de la copa, y se añade agua mediante un gotero o se seca hasta alcanzar una consistencia que cumpla estos intervalos.

Cálculo de W_L

Se construye una “curva de flujo” (ver figura 6) utilizando un papel semi-logarítmico. Cada punto registrado se encuentra alineado en una recta que facilita la interpolación para determinar la ordenada W_L en el eje horizontal $N=25$ golpes.

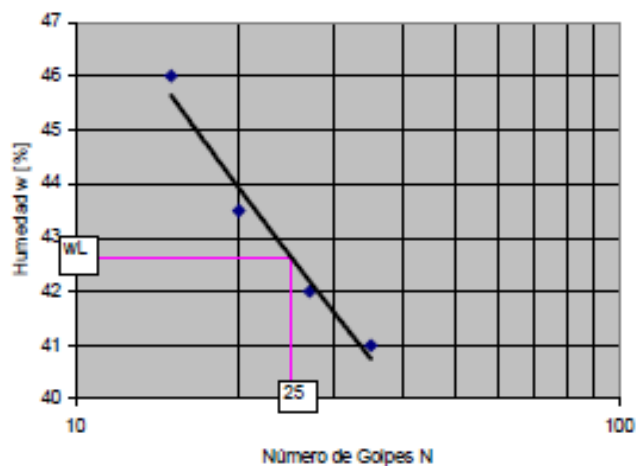


Figura 6: Curva de flujo
Fuente: Universidad de Chile (2006)

3. Determinación del Límite Plástico Wp

- a. Se utilizan las muestras de suelo sobrantes del ensayo del límite líquido.
- b. Para evitar retrasos durante el ensayo con muestras de suelo muy plásticas, es necesario amasar la muestra sobre toalla nova o extender la muestra sobre la placa del vidrio y secar al aire. También colocar al sol o en un horno a temperatura baja, en ambos casos, se debe procurar que la muestra quede seca uniformemente.
- c. Formar una bola de aproximadamente 1 cm^3 y con las palmas de la mano amasarlas sobre la base placa de vidrio buscando formar bastones de 3mm de diámetro.
- d. Con las puntas de los dedos y con fuerte presión, se reconstruye la bolita de la muestra de suelo, y se vuelve a formar un bastón de tal forma hasta lograr llegar al límite plástico.
- e. El límite plástico de una muestra de suelo, es correspondiente a la cantidad de humedad, consecuentemente un bastón de aproximadamente 3mm de diámetro, se partió en secciones de entre 0.5 a 1 cm de largo, si no se ha alcanzado el límite plástico, es recomendable continuar amasando el bastón una vez más.
- f. Determinar el peso del bastón después de haberlo amasado, de tal forma se obtendrá su contenido de humedad.
- g. Realizar dicho ensayo entre 2 a 3 veces y promediar; la diferencia entre 2 determinaciones no debe exceder a 2%.

2.2.5.4 Ensayo de Corte Directo (NTP 339.171)

El siguiente ensayo ha sido recuperado por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, 2006) en el cual se redacta lo siguiente.

El método de corte directo tiene por objetivo obtener la resistencia al corte de una porción de suelo consolidada y drenada. Como también determinar el ángulo de fricción del suelo, que es importante para evitar desplazamientos y/o asentamientos. Se puede realizar dicho ensayo con muestras inalteradas y remoldeadas de cualquier tipo de suelo.

Los aparatos a utilizarse son:

- Caja de corte o caja de cizalladura.
- Piedras porosas.
- Pistón de carga, aplica la carga normal.
- Equipo para la aplicación de la fuerza de corte.
- Báscula con sensibilidad de 0.1g o 0.1%.
- Deformímetros, con sensibilidad 0.002mm (0.0001") para determinar variaciones en el espesor de la muestra y sensibilidad 0.02mm (0.001") para determinar la deformación.
- Estufa u horno de secado, hasta $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipiente para contener las muestras.
- Misceláneos.

Muestras

Preparación de los especímenes:

- a. Se debe tener la cantidad suficiente con fines de obtener como mínimo tres muestras representativas idénticas.
- b. Se realizó el acondicionamiento de la muestra evitando al máximo la pérdida de humedad.
- c. Las muestras se deben acondicionar a las medidas del equipo de corte directo.
- d. De acuerdo con la norma, se registrará el peso inicial de la muestra de tal forma se pueda determinar el contenido de humedad inicial.
- e. Las dimensiones mínimas para la muestra de acuerdo con su forma, sería en circulares con diámetro y en rectangulares con ancho de 50mm (2") en ambos casos.

Procedimiento

1. Se acopla la caja de corte, una vez que los marcos se encuentren alineados, se procede a bloquearlos.
2. Se coloca la muestra a ensayar en el dispositivo. Se enciende el equipo y se calibra el dial con el fin de medir la deformación durante

el corte. Es indispensable humedecer las piedras porosas, para luego colocar la muestra, si se tratan de muestras inalteradas que se hayan obtenido cerca al nivel freático.

3. Antes de aplicar cada incremento de fuerza, fue indispensable durante el proceso de consolidación, el registro de la deformación normal.
4. Se realizó una primera etapa de consolidación aplicando una fuerza normal adecuada.
5. Se realizó una segunda etapa de consolidación llenando el depósito con agua sobrepasando el nivel de la muestra de tal forma se permita el drenaje. El nivel de agua se debe de mantener en todas las fases, de tal modo se asegura que la muestra de encuentra saturada en todo momento.
6. Se aplicó una fuerza vertical o fuerza normal a la muestra, dependiendo de la información que se requiere. Fue necesario realizar varios incrementos de fuerza normal en suelos inestables. El primer aumento de fuerza normal depende de la resistencia y sensibilidad de la muestra de suelo. Se evita incrementar fuerzas muy grandes para evitar que el material constitutivo de la muestra quede fuera del equipo de corte.
7. La duración de cada incremento de fuerza fue hasta completar la consolidación primaria. El último aumento de fuerza debe completar la fuerza normal especificada.
8. El registro de la deformación contra el tiempo, fueron representadas en las siguientes gráficas (ver figura 7 y 8)



Figura 7: Plantilla Curva de resistencia.
Fuente: Recuperado del Ensayo de Corte Directo (UNI, 2006)

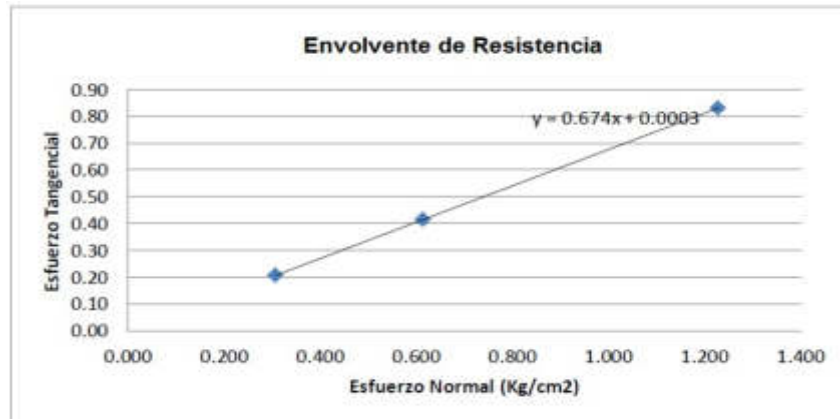


Figura 8: Envolverte de resistencia.

Fuente: Recuperado del Ensayo de Corte Directo (UNI, 2006)

9. Para la realización del corte de la muestra, posterior a la consolidación, se debe soltar los marcos hasta llegar una separación de 0,25 mm (0.01”), aproximadamente.
10. Se aplicará la fuerza de corte lentamente, de tal modo será disipada completamente el exceso de presión de poros.

El ensayo finaliza en las siguientes dos condiciones, si el esfuerzo de corte es constante, o si a comparación de la longitud original, registra una deformación del 10%.

Primero se registra la fuerza de corte aplicada luego la deformación normal y corte para ciertos intervalos de tiempo. La fuerza de corte debe ser incrementada continuamente. Una vez culminado el ensayo se procederá a retirar la muestra que se encuentra en la caja de corte para luego colocarla en el horno y posteriormente la determinación de los sólidos.

Cálculos

Se deberán registrar los siguientes valores:

- Contenido de humedad inicial
- Peso unitario seco inicial y peso húmedo inicial
- Esfuerzo cortante
- Relación de vacíos antes y después de la consolidación
- Grados de saturación inicial y final, si se desea.

2.2.5.5 Ensayos químicos

La presencia de agentes químicos en el suelo es la principal causa del deterioro de una subestructura, estando en continuo contacto, ya que al pasar de los años estos afectan directamente de manera nociva hasta perjudicial al concreto y al acero. De tal forma, para determinar los agentes presentes en el suelo se realiza ensayos de laboratorio tales como sales solubles, sulfatos solubles y cloruros solubles (ver tabla N°4)

Se presenta la siguiente normativa:

1. Contenido de Sulfatos Solubles en suelos y agua subterránea (NTP 339.178 / AASHTO T290)
2. Contenido de Cloruros Solubles en suelos y agua subterránea (NTP 339.177 / AASHTO T291)
3. Contenido de Sales Solubles Totales en suelos y agua subterránea (NTP 339.152 / BS 1377)

Tabla N° 4
Parámetros y definición de agentes agresores

Presencia en el suelo	p.p.m.	Grado de Alteración	Tipo de cemento	Observaciones
Sulfatos (SO ₄)	0 - 150	Leve	-	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	150 - 1500	Moderado	MS, IP	
	1500 - 10000	Severo	V	
	> 10000	Muy severo	V +puzolana	
Cloruros (CL)	> 6000	Perjudicial	-	Corrosión en armaduras
Sales Solubles Totales	> 15000	Perjudicial	-	Pérdida de Resistencia mecánica (Lixiviación)

Fuente: Norma Técnica E.060 Concreto armado

2.2.5.6 Densidad in situ: Método del cono de arena (ASTM D1556)

El ensayo de cono de arena in situ tiene como objetivo determinar la masa unitaria del suelo utilizando el equipo respectivo cono de arena. El ensayo no aplica para suelos que contienen rocas de material grueso con tamaños superiores a 38 mm (1 1/2") de diámetro.

Método

Se empieza realizando una excavación manual, en el suelo que se va a estudiar, guardando el material extraído, en su totalidad, en un recipiente. Inmediatamente se rellena la zona excavada con una arena de densidad estimada, que pueda fluir de tal forma se pueda determinar el volumen. Posteriormente se procede a realizar los cálculos in situ correspondientes a la densidad del suelo húmedo, mediante la determinación del cociente de la masa del material húmedo extraído y el volumen de la zona excavada. A continuación, se determina el contenido de humedad del material que ha sido extraído, su masa seca y la densidad seca del suelo en el campo, usando los registros de la masa húmeda del suelo, la humedad y el volumen del hueco.

Uso

Se realiza para establecer la densidad de los suelos compactados. Generalmente, se utiliza para la aprobación de suelos compactados a una densidad específica.

Equipos y materiales

- a. Principalmente, el aparato del cono de arena que contenga una mayor capacidad de volumen al de la zona excava. Puede ser de una capacidad aproximada de 4 litros (1 galón).
- b. Arena seca y limpia, con una densidad conocida y gradación homogénea, poco compacta, y con fácil fluidez.
- c. Balanza con capacidad hasta 20kg y sensibilidad de 5g mínimo.
- d. Horno estufa u otro.
- e. Equipos miscelánicos: como un pico, lampas, cinceles, destornillador, recipientes con tapa.

Procedimiento:

- Seleccionar un punto de investigación a realizar donde se determina la densidad del suelo in situ.
- Verificar el estado de los equipos.

- Se determina la densidad y la constante del cono para luego introducir al aparato la arena acondicionada. Se registra la masa total.
- Nivelar la superficie de la zona a excavar.
- Colocar la placa de base sobre la superficie nivelada verificando que entre en contacto en su totalidad con la superficie del suelo especialmente la zona del orificio flanqueado central.
- Excavar el orificio a ensayar evitando deformar el suelo en su alrededor. Se coloca todo el material excavado en un recipiente hermético correctamente identificado. Para la determinación de humedad se obtiene las cantidades mínimas de muestra en base a la tabla N°5:

Tabla N° 5
Cantidades mínimas de muestra

Tamaño máximo de partículas		Mínima muestra para humedad, g
Alternativo	mm	
Tamiz N° 4	4.75	100
1/2"	12.7	250
1"	25.4	500
1 1/2"	38	750

Fuente: Instituto Nacional de Vías (2007)

- Se limpia la placa base, especialmente la pestaña del orificio ubicada en la zona central, encajar el embudo del cono con el orificio flanqueado girando el aparato de cono de arena. Se procede a abrir la válvula dejando caer libremente la arena hasta llenar el orificio. Se debe mantener el aparato de manera estable. Por último, se cierra la válvula cuando la arena termina de fluir.
- Registrar la masa del aparato conteniendo la arena restante, de tal forma se determina la masa de la arena que se utilizó.
- Determinar el contenido de humedad al material retirado del orificio de ensayo.
- Mezclar el material por completo para obtener una muestra representativa para posteriormente determinar su contenido de humedad.

Cálculos

- Se calcula el volumen del hueco en ensayo teniendo en cuenta las unidades en gramos y centímetros cúbicos.

$$V = \frac{M_1 - M_2}{\delta_1} \quad (7)$$

Donde:

V = Volumen del hueco de ensayo, en cm³

M1 = Masa de la arena que se usó para llenar el hueco, el embudo y la placa base (g)

M2 = Masa de la arena que se usó para llenar el embudo y la placa de base (constante del cono)

δ1 = Densidad de la arena (g/cm³)

- Se procede a calcular la masa seca del material ubicado en el orificio de ensayo, aplicando la siguiente fórmula:

$$M_4 = \frac{100 M_3}{W+100} \quad (8)$$

Donde:

M4 = Masa seca del material removido del hueco de ensayo (g)

M3 = Masa húmeda del material removido del hueco de ensayo (g)

W = Contenido de humedad del material removido (%)

Cabe resaltar que, al momento de calcular la humedad, esta debe tener una aproximación a 0.1%

- Se determina la densidad seca y húmeda del material extraído en el área de ensayo, utilizando las siguientes formulas:

$$\delta_m = \frac{M_3}{V} \quad (9)$$

$$\delta_a = \frac{M_4}{V} \quad (10)$$

Donde:

δ_m = Densidad húmeda del material de ensayo (g/cm³)

δ_d = Densidad seca del material de ensayo (g/cm³)

V = Volumen del hueco de ensayo (cm³)

2.2.6 Cimentaciones

La Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones (2018) define que cimentación es aquel “elemento que trasmite al suelo las cargas de estructura” (p.25).

Crespo (2004) indica que el objetivo de las cimentaciones es, “proporcionar el medio para que las cargas de la estructura, concentradas en columnas o en muros, se transmitan al terreno produciendo en éste un sistema de esfuerzos que puedan ser resistidos con seguridad sin producir asentamientos, o con asentamientos tolerables” (p.259).

2.2.6.1 Tipos de cimentaciones

Se presentan dos tipos de cimentaciones, las superficiales y las profundas. Una cimentación superficial es la estructura en la cual los elementos verticales de la edificación se prolongan y descansan sobre ésta, con la finalidad de reducir el esfuerzo unitario que se transfiere al suelo. La cimentación profunda es la que se construye mediante elementos intermediarios como los cajones de cimentación, pilotes, micropilotes, pilas, etc. (Crespo, 2004).

El presente trabajo de investigación se enfoca solamente en las cimentaciones superficiales, ya que, es de interés para este tema.

Cimentaciones superficiales

“Aquellas en las cuales la relación Profundidad/ancho (Df/B) es menor o igual a cinco, siendo Df la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma” (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018, p.39)

Las cimentaciones superficiales (ver figura 9) se clasifican en:

1. Cimiento ciclópeo: aquella donde el largo (L) es igual o mayor que diez veces el ancho (B).
2. Zapatas:
 - Aisladas: Resisten cargas que provienen de una sola columna.
 - Combinadas: Resisten cargas de dos o más columnas.
 - Conectadas: Zapatas que se mantienen unidas a través de una viga de cimentación
3. Losa de cimentación: Soporta la carga de todas las columnas y muros de la estructura.

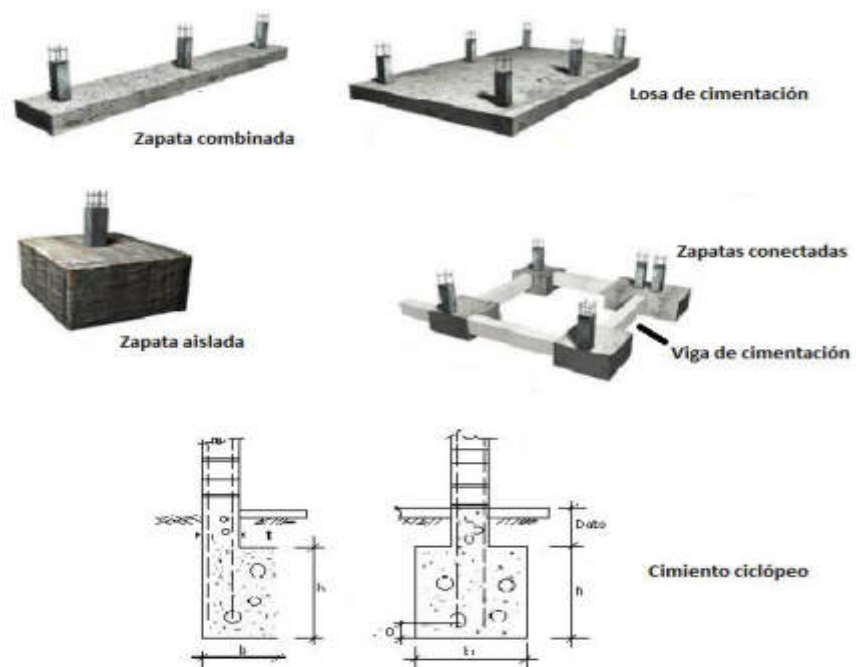


Figura 9: Clasificación de cimentaciones superficiales
Fuente: Los autores

Para elegir correctamente el tipo de cimentación, Crespo (2004) recomienda seguir las secuelas que se indica a continuación:

1. Estudio de cargas de la estructura [...]
2. Determinación de la capacidad de carga del suelo de cimentación y de los asentamientos probables.

3. Preparación de varios anteproyectos de los diversos tipos posibles de cimentación.
4. Selección del tipo de cimentación más adecuado atendiendo a: tipo de suelo, rapidez en la construcción, adaptabilidad y economía.

2.2.6.2 Tipos clásicos de falla bajo las cimentaciones:

Los tipos clásicos de falla bajo las cimentaciones son tres: por corte general, por punzonamiento y por corte local, a continuación de desarrollará el concepto de cada uno de ellos.

a) Falla por corte general

Este tipo de falla se encuentra sobre la superficie de arena densa o suelo arcilloso rígido. Se considera un cimiento de forma rectangular de ancho B y de longitud infinita. (Das, 2012). Esta falla es catastrófica, ya que presenta una inclinación visible, la cual ocasiona hinchamiento del suelo a los lados del cimiento y su colapso es hacia un solo lado.

La figura 10, representa la falla por corte general con algunas de las características descritas:

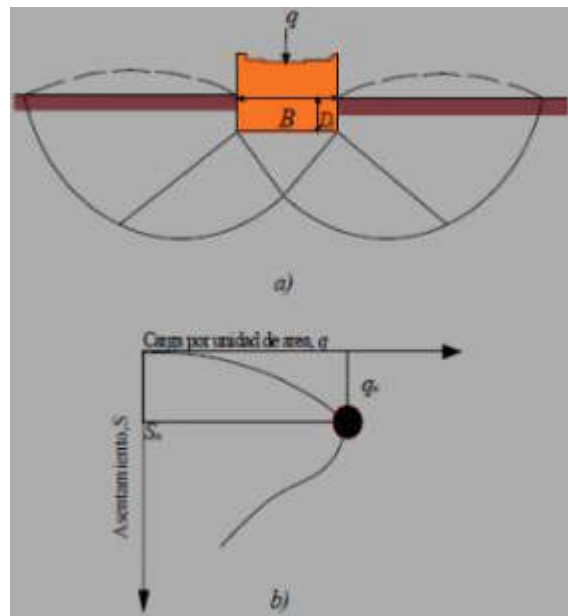


Figura 10: Falla por corte general
Fuente: Vesic, 1973

b) Falla por punzonamiento

Esta falla ocurre cuando la cimentación se encuentra en un suelo de arena suelta o sobre un suelo arcillo blando. Hay presencia de un movimiento vertical de la cimentación debido a la compresión del suelo que se encuentra debajo. Muestra rotura por corte alrededor de la cimentación y presenta equilibrio tanto vertical como horizontal de la misma. (Crespo, 2004)

En la figura 11, se representa la gráfica carga-asetamiento de este tipo de falla:

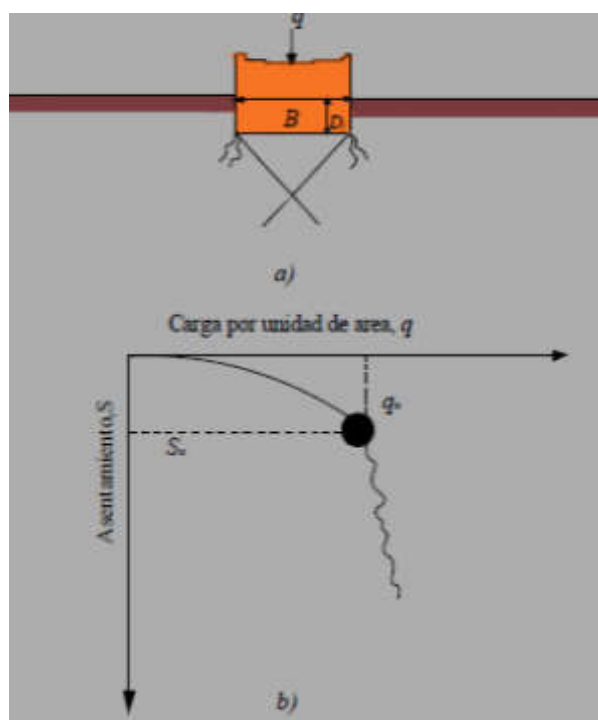


Figura 11: Falla por punzonamiento
Fuente: Vesic, 1973

c) Falla por corte local

La falla por corte local mantiene propiedades de las dos fallas mencionadas. Se presenta en un suelo arenoso o arcilloso medianamente compactado. Tiene características de bufoamiento del suelo a los lados de la cimentación y el suelo se comprime fuertemente debajo de ella. (Crespo, 2004c)

La siguiente figura representa la falla por corte local:

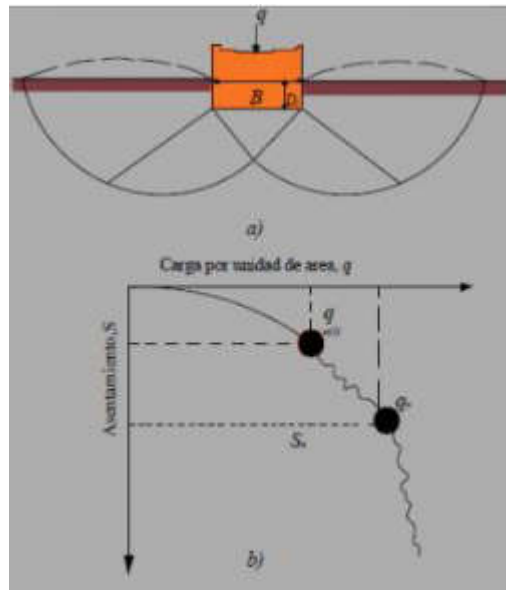


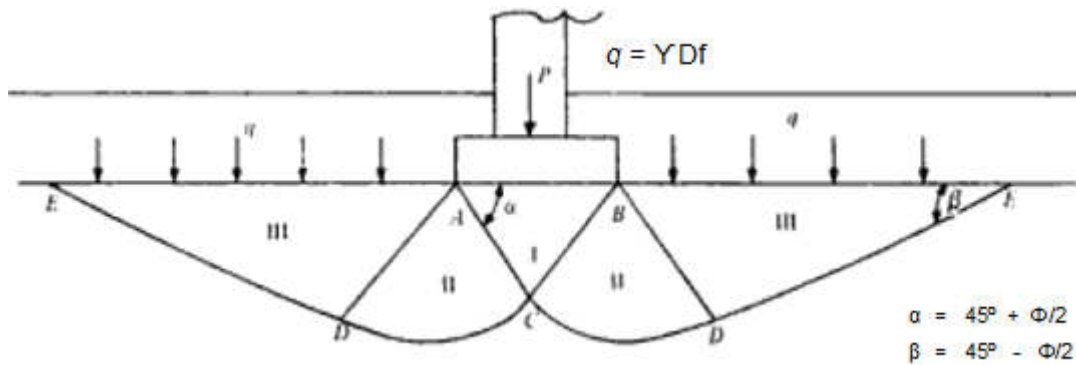
Figura 12: Falla por corte local
Fuente: Vesic, 1973

2.2.7 Métodos para determinar la capacidad de carga de los suelos

Existen diversos estudios conocidos que se aplican en el desarrollo de situaciones referentes a la capacidad de carga de las cimentaciones en variados tipos de suelos. A continuación, se describen las ecuaciones mediante los métodos de Terzagui, Meyerhof y Vesic para determinar la capacidad de carga por corte:

2.2.7.1 Karl Terzagui (1943)

La solución más directa y aproximada a los problemas de capacidad de carga última para cimentaciones superficiales fue la propuesta por Karl Terzagui, quien refiere que, “una cimentación es superficial si su profundidad (D_f), es menor que o igual a su ancho ($D_f \leq B$)” (Das, 2012, p.136); aunque otros investigadores propusieron una cimentación también es superficial cuando su D_f es igual a tres o cuatro veces su ancho. Terzagui recomienda que, para un cimiento continuo o corrido, la superficie de falla en el suelo ante carga última se muestra como en la figura 13, la sobrecarga (q) que se produce en la parte superior del fondo de la cimentación, es reemplazado por YD_f . (Das, 2012)



(Y es el peso específico del suelo)

Figura 13: Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua.
Fuente: Crespo, 2004

Terzagui brinda una solución donde asume tres zonas con movimientos diferentes debajo y alrededor de la concentración de la carga, los cuales son mencionados por Crespo (2004):

La **zona I**, que es la que se encuentra inmediatamente debajo de la cimentación, tiene forma de cuña y no puede penetrar en el suelo a menos que la presión de los lados inclinados AC y BC alcance la presión pasiva del suelo adyacente. Al moverse la zona I lo hace verticalmente hacia abajo junto con la cimentación.

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

La resistencia de la **zona III** variará de acuerdo a su tamaño, con el peso volumétrico del material y con la resistencia al deslizamiento a lo largo de la parte inferior CDE de dicha zona, resistencia que es función del ángulo de fricción interna, de la cohesión y del peso del suelo. El límite inferior ACDE se compone de dos líneas rectas, AC y DE, con inclinación de $45^\circ + \Phi/2$ y $45^\circ - \Phi/2$ con respecto a la horizontal, respectivamente. (pp .293-294)

La capacidad de carga última de Terzagui para una cimentación continua o corrida se expresa de la siguiente manera:

$$q_U = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (11)$$

Donde:

c = cohesión del suelo

q = YDf

Y = peso específico del suelo

B = ancho de cimiento corrido

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga que son adimensionales y funciones sólo del ángulo de fricción del suelo Φ .

Los factores de capacidad de carga, se expresan de la siguiente forma:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi \quad (12)$$

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2}\varphi\right) \tan \varphi}}{2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} m \quad (13)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \tan \varphi \left(\frac{k_{pY}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right) \quad (14)$$

k_{pY} = Coeficiente de presión pasiva

Los factores de capacidad de carga definidos por las ecuaciones (12), (13) y (14) se presentan en la tabla N°6:

Tabla N°6

Factores de capacidad de carga de Terzagui, para las ecuaciones (12), (13) y (14)

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Fuente: Braja M. Das (2012)

Terzagui propuso una modificación de la ecuación (11), para la carga última de cimentaciones cuadradas y circulares obteniendo la siguiente expresión:

Zapata cuadrada:

$$q_U = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (15)$$

Zapata circular:

$$q_U = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \quad (16)$$

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

Terzagui modificó las ecuaciones (11), (15) y (16) para cimentaciones con falla por corte local, disminuyendo los valores de cohesión y fricción, quedando de la siguiente manera (Das, 2012):

$$c' = \frac{2}{3}c \quad (17)$$

$$\tan\phi' = \frac{2}{3}\tan\phi \quad (18)$$

$$q_u = \frac{2}{3}cN_c' + qN_q' + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma' \quad (\text{cimentación continua}) \quad (19)$$

$$q_u = 0.86cN_c' + qN_q' + 0.4\gamma BN_\gamma' \quad (\text{cimentación cuadrada}) \quad (20)$$

$$q_u = 0.86cN_c' + qN_q' + 0.3\gamma BN_\gamma' \quad (\text{cimentación circular}) \quad (21)$$

La tabla N°7 presenta los factores de capacidad de carga modificados de Terzagui para N_c' , qN_q' y N_γ' .

Tabla N° 7

Factores de capacidad de carga modificados de Terzagui N_c' , qN_q' y N_γ'

ϕ'	N_c'	N_q'	N_γ'	ϕ'	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.70	1.00	0	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.3	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.1	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.2	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.3	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.8	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.41	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: Braja M. Das, 2012

2.2.7.2 George Meyerhof (1951)

Mayerhof introdujo los factores de forma, profundidad e inclinación de la cimentación y propuso una ecuación general similar a la de Terzagui para calcular la carga última.

En caso de carga vertical:

$$q_U = cN_C s_C d_C + qN_q s_q d_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma \quad (22)$$

En caso de carga inclinada

$$q_U = cN_C d_C i_C + qN_q d_q i_q + 0.5\gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (23)$$

Factores de capacidad de carga:

$$\begin{aligned} N_q &= e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \\ N_C &= (N_q - 1) \cdot \cot \Phi \\ N_\gamma &= (N_q - 1) \cdot \tan(1.4\phi) \end{aligned} \quad (24)$$

Factores de forma

$$\begin{aligned} s_C &= 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}, \text{ para cualquier valor de } \Phi \\ s_q &= s_\gamma = 1, \text{ si } \Phi = 0^\circ \\ s_q &= s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}, \text{ si } \Phi > 10^\circ \end{aligned} \quad (25)$$

Factores de profundidad

$$\begin{aligned} d_C &= 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{D_f}{B}, \text{ para cualquier valor } \Phi \\ d_q &= d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{D_f}{B}, \text{ para } \Phi > 10^\circ \\ d_q &= d_\gamma = 1, \text{ para } \Phi = 0 \end{aligned} \quad (26)$$

Factores de inclinación de la carga

$$\begin{aligned} i_c &= i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right), \text{ para cualquier valor de } \Phi \\ i_\gamma &= \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\Phi^\circ}\right), \text{ para } \Phi > 10^\circ \\ i_\gamma &= 0, \text{ para } \Phi = 0 \end{aligned} \quad (27)$$

Dónde:

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

θ = ángulo de la fuerza inclinada respecto a la vertical

2.2.7.3 Aleksandar Sedmak Vesic' (1973-1975)

Vesic' calculó la capacidad de carga última a través de la superposición con los factores adimensionales N_c y N_q :

$$N_c = (N_q - 1)\cot\Phi \quad \text{De la ecuación (24)}$$

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

El factor N_γ , sólo se puede evaluar numéricamente y varía considerablemente con el ángulo Φ , el valor de N_γ queda representado como:

$$N_\gamma = 2(N_q - 1)\tan\Phi \quad (28)$$

Vesic' al igual que Meyerhof también propone factores de forma y profundidad para determinar la capacidad de carga última de las cimentaciones superficiales:

Factores de forma:

$$\begin{aligned}
 s_c &= 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_q - 1} \tan \phi \\
 s_q &= 1 + \frac{B}{L} \tan \Phi \\
 s_\gamma &= 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.60 \\
 s_c, s_q, s_\gamma &= 1, \text{ para zapatas continuas}
 \end{aligned}
 \tag{29}$$

Factores de profundidad:

$$\begin{aligned}
 d_c &= 1 + 0.4 \frac{B}{D} \\
 \frac{B}{D} \leq 1, \quad d_c &= 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 \frac{B}{D} \\
 d_\gamma &= 1 \\
 d_c &= 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{B}{D} \\
 \frac{B}{D} > 1, \quad d_c &= 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 \tan^{-1} \frac{B}{D} \\
 d_\gamma &= 1
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

2.2.7.4 Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático

Las ecuaciones (11) y (15) a (21) ayudan a calcular la capacidad de carga última cuando el nivel freático se encuentra muy por debajo de la cimentación, pero cuando el nivel freático está cerca de la cimentación (como es el caso de la zona de estudio de nuestra investigación) es imprescindible modificar las ecuaciones (Das, 2012):

Caso I: La ubicación del nivel freático se encuentra de la siguiente manera: $0 \leq D_1 \leq D_f$ (ver figura 14), el factor q en las ecuaciones de capacidad de carga se reemplaza por:

$$q = D_1 \gamma' + D_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w) \quad (31)$$

Donde:

q = sobrecarga efectiva

γ_{sat} = Peso específico saturado del suelo

γ_w = Peso específico del agua

El valor de γ en el último término de la ecuación deberá reemplazarse por $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

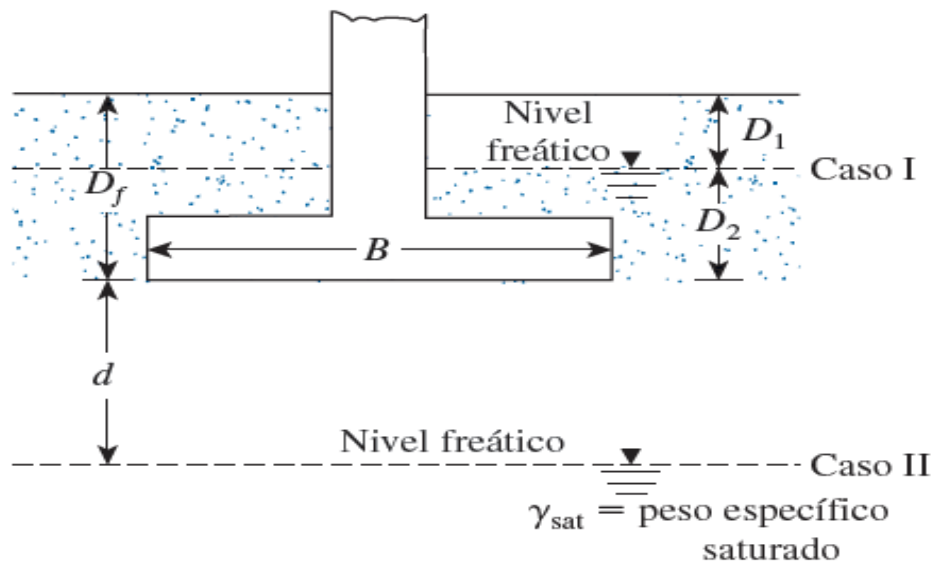


Figura 14: Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático
Fuente: Braja M. Das, 2012

Caso II: Cuando el nivel freático se ubica tal que $0 \leq d \leq B$

$$q = \gamma' D_f \quad (32)$$

El factor γ' en el último término de las ecuaciones de capacidad de carga se debe de modificar así:

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B} (\gamma - \gamma') \quad (33)$$

Las modificaciones anteriores se utilizan cuando no existe una fuerza de filtración en el suelo.

Caso III: La ubicación del nivel freático se encuentra muy por debajo de la cimentación: $d > B$, el agua no afectará la capacidad de carga.

2.2.8 Capacidad de carga de las cimentaciones

Dos conceptos son claves para el adecuado diseño de las cimentaciones superficiales: **la capacidad de carga última**, “es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos” (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones) y **la carga admisible**, es aquella que se aplica a la estructura y no produce desperfectos, toma en cuenta un factor de seguridad el cual está establecido en la norma E.050.

Asimismo, la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones (2018), nos hace mención de los factores que debemos de tomar en cuenta en la determinación de la carga o presión admisible:

- a) Profundidad de la cimentación.
- b) Dimensión de los elementos de la cimentación.
- c) Características físico - mecánicas de los suelos ubicados dentro de la zona activa de la cimentación.
- d) Ubicación del Nivel Freático, considerando su probable variación durante la vida útil de la estructura.
- e) Probable modificación de las características físico – mecánicas de los suelos, como consecuencia de los cambios en el contenido de humedad.
- f) Asentamiento tolerable de la estructura. (p.39)

Factor de seguridad frente a una falla por corte

Para calcular la capacidad de carga admisible en cimentaciones superficiales, es necesario que emplear un “factor de seguridad” (FS) a la carga última, quedando expresado de la siguiente forma (Das, 2012):

$$q_{perm} = \frac{q_u}{FS} \quad (34)$$

$$q_{perm} = q_{adm}$$

La Norma E.050 (2018) brinda los valores mínimos de los factores de seguridad a tener en cuenta en las cimentaciones superficiales: “Para cargas estáticas: 3.0 y para sollicitación máxima de sismo o viento: 2.5” (p.39)

2.2.9 Asentamiento

El asentamiento se define como “la deformación vertical en la superficie de un terreno proveniente de la aplicación de cargas o debido al peso propio de las capas” (Gonzales & Torres, 2018).

Los factores que determinan si una estructura puede tolerar el asentamiento son: el tipo, forma, situación y finalidad de la estructura; así como también, la velocidad, causa y origen del asentamiento.

Tipos de asentamiento

Se presentan tres (3) tipos de asentamientos:

- a) **Asentamiento uniforme:** Ocurre sobre una placa estructural muy rígida, el asentamiento es uniforme en toda su área.
- b) **Vuelco o inclinación:** Se presenta cuando toda la estructura presenta la misma distorsión angular.
- c) **Asentamiento Diferencial (no uniforme):** Gonzales & Torres (2018) lo definen de la siguiente manera:
Movimiento o desplazamiento relativo de las diferentes partes de una estructura a causa de un asentamiento irregular de la misma. Presenta

distorsión angular que es la diferencia entre el asentamiento máximo y el asentamiento mínimo entre la distancia de estos dos puntos (p.76)

$$\alpha = \frac{\Delta}{L} \quad (35)$$

Donde:

α = Distorsión angular

Δ = Asentamiento diferencial entre dos elementos adyacentes

L = Distancia entre dos elementos adyacentes que se asientan

La figura 15, presenta gráficamente los tres tipos de asentamiento:

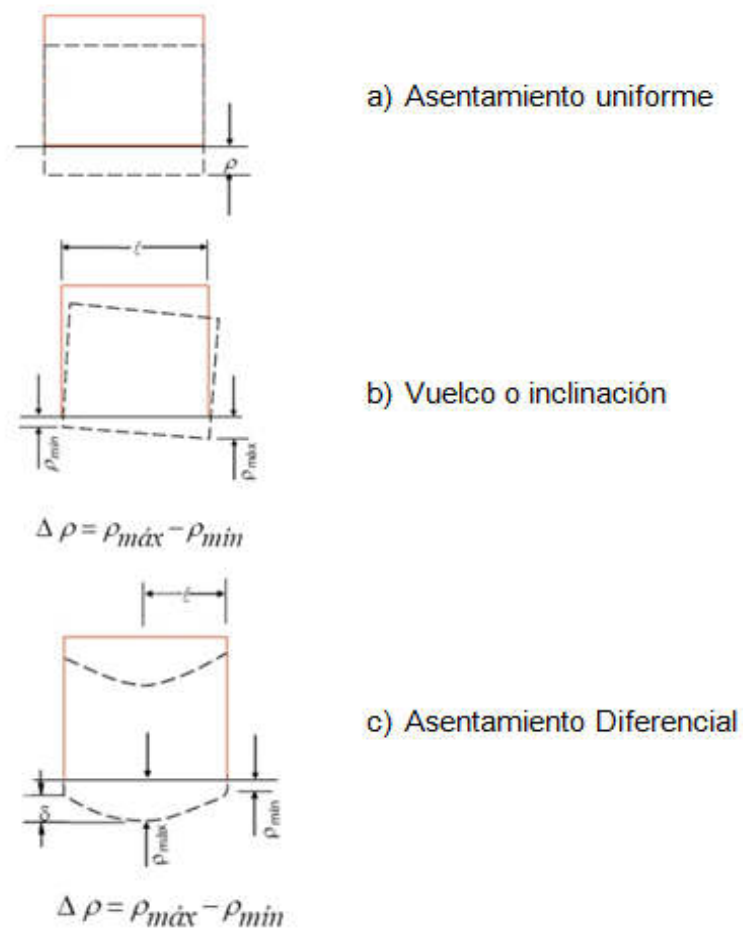


Figura 15: Tipos de asentamiento
Fuente: Gonzales y Torres (2018)

La tabla N°8 da indicaciones sobre los asentamientos admisibles:

Tabla N°8
Asentamientos admisibles

Tipo de movimiento	Factor limitativo	Asentamiento máximo
Asentamiento total	Drenaje	6 -12 plg.
	Acceso	12 - 24 plg.
	Probabilidad de asentamiento no uniforme	
	Estructuras con muros de mampostería	1 - 2 plg.
	Estructuras reticulares	2 - 4 plg.
	Chimeneas, silos, placas	3 - 12 plg.
Inclinación o giro	Estabilidad frente al vuelco	Depende de la altura y ancho
	Inclinación de chimeneas, torres	0.004L
	Rodadura de camiones, etc.	0.01L
	Almacenamiento de mercancías	0.01L
	Funcionamiento de máquinas - telares de algodón	0.003L
	Funcionamiento de máquinas - turbogeneradores	0.0002L
	Carriles de grúas	0.003L
Drenaje de soleras	0.01 - 0.02L	
Asentamiento diferencial	Muros de ladrillo continuos y elevados	0.0005 - 0.001L
	Factoría de una planta, fisuración de muros de ladrillo	0.001 - 0.002L
	Fisuración de revocos (yeso)	0.001L
	Pórticos de concreto armado	0.0025 - 0.004L
	Pantallas de concreto armado	0.003L
	Pórticos metálicos continuos	0.002L
	Pórticos metálicos sencillos	0.005L

Nota: "L es la distancia entre columnas adyacentes con asentamientos diferentes o entre dos puntos cualesquiera con asentamiento diferencial."

Fuente: Lambe & Withman, 1964

La siguiente tabla proporcionada de la Norma E.050 (2018) suministra un límite en la distorsión angular para el asentamiento diferencial, ya que este tipo de asentamiento es el que produce mayor daño en la estructura.

Tabla N° 9
Límites de la Distorsión angular = α

$\alpha = \delta/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1.20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

Fuente: Norma Técnica E. 050 Suelos y Cimentaciones (2018)

Cálculo del asentamiento

El asentamiento de la cimentación superficial se calcula en base de la Teoría de la Elasticidad descrita en el libro de Lambe & Whitman, en donde el asentamiento elástico inicial se expresa de la siguiente manera:

$$S = \frac{\Delta q_s B(1-u^2)l_f}{E_s} \quad (36)$$

Donde:

S= asentamiento (cm)

Δq_s = esfuerzo neto transmisible (kg/cm²)

B = ancho de la cimentación

E_s = módulo de Elasticidad (kg/cm²)

U = relación de Poisson

l_f = factor de influencia

2.3 Marco legal

A continuación, se presenta toda la normativa utilizada en el desarrollo del marco teórico de esta investigación:

1. Ensayos de laboratorio:
 - a. Ensayo de Análisis granulométrico: **NTP 339.128**
 - b. Ensayo de Contenido de humedad del suelo: **NTP 339.127**
 - c. Ensayo de Límites de Atterberg: **NTP 339.129**
 - d. Ensayo de Corte directo: **NTP 339.171**
 - e. Ensayo químico:
 - Contenido de Sulfatos Solubles en suelos y agua subterránea: **NTP 339.178**
 - Contenido de Cloruros Solubles en suelos y agua subterránea: **NTP: 339.177**
 - Contenido de Sales Solubles Totales en suelos y agua subterránea: **NTP: 339.152**
2. Ensayo de densidad in situ: Método del cono de arena: **ASTM D1556**
3. Norma Técnica E.020 Cargas
4. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente
5. Norma Técnica E 050 Suelos y Cimentaciones
6. Norma Técnica E060 Concreto Armado

2.4 Definición de términos básicos

Los siguientes términos básicos han sido recopilados de la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones (2018):

Asentamiento admisible. Es el máximo asentamiento que puede tolerar una estructura sin que se afecte su integridad o su funcionamiento.

Asentamiento diferencial. Máxima diferencia de nivel entre dos cimentaciones adyacentes de una misma estructura.

Asentamiento diferencial tolerable. Máximo asentamiento diferencial entre dos elementos adyacentes unidos por un elemento estructural, que

pertenecen a la misma estructura, que al ocurrir no produce daños visibles ni causa problemas.

Capacidad de carga admisible. Es el valor de la presión de apoyo para el cual el riesgo de falla al corte es mínimo. Esta es igual a la capacidad última de carga dividida por un factor de seguridad adecuado

$$q_a = \frac{q_u}{FS}$$

Capacidad de carga última. Es el valor de la presión de carga que produce falla de corte en el suelo, y es determinado mediante diferentes ecuaciones de capacidad última de carga.

Carga de servicio. Carga viva más carga muerta, sin factores de ampliación.

Cimentación continua. Cimentación superficial en la que el largo L es mayor que diez veces el ancho B.

Cimentación cuadrada. Cimentación superficial en la que el largo L es igual al ancho B.

Cimentación por platea o losa de cimentación. Cimentación constituida por una losa rígida sobre la cual se apoyan varias columnas o placas.

Estrato típico. Estrato de suelo con características similares tales que puede ser representativo de otros iguales o similares en un terreno dado.

Nivel freático. Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia.

Pozos o calicatas y trincheras. Son excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento.

Presión admisible por asentamiento. Presión que, al ser aplicada por la cimentación adyacente a una estructura, ocasiona un asentamiento diferencial igual al asentamiento admisible. No aplica el concepto de factor de seguridad.

Profundidad de cimentación (Df). Profundidad a la que se encuentra el nivel de fondo o desplante de la cimentación de una estructura, medida respecto al nivel de terreno natural o al nivel de piso terminado, el que resulte menor.

Suelo arenoso. Se denominan suelos sueltos. Se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto, una escasa retención de agua y de nutrientes.

2.5 Formulación de hipótesis

2.5.1 Hipótesis general:

El estudio geotécnico influye en un 90% en el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú.

2.5.2 Hipótesis específicas:

Los parámetros de resistencia permitieron obtener una capacidad de carga admisible mayor de 1.5 kg/cm² en suelos arenosos en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú.

El nivel freático del suelo arenoso influye en las consideraciones del modelo matemático de la capacidad de carga para cimentaciones superficiales en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco-Ica-Perú.

Las propuestas de diseño de cimentaciones superficiales son modeladas en el programa SAFE cumpliendo que la capacidad de carga admisible y los asentamientos tolerables son menores a los obtenidos mediante métodos analíticos en el proyecto Condominio Oasis, distrito de Paracas – Pisco – Ica – Perú.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

Orientación:

La orientación de la investigación es aplicada porque se pretende dar solución a una problemática que presenta la zona de estudio, realizando un estudio geotécnico y brindando propuestas de cimentaciones superficiales en suelos arenosos.

Enfoque:

Es de enfoque cuantitativo porque para desarrollar las propuestas de cimentaciones superficiales es necesario tener una secuencia de pasos, primero debemos realizar el estudio geotécnico, luego determinar la capacidad de carga y finalmente el diseño de las propuestas de cimentaciones; cada paso precede al siguiente.

Nivel:

Es de nivel descriptiva porque mediante el estudio geotécnico se permite determinar parámetros de resistencia del suelo arenoso para ser utilizados en el desarrollo del diseño de las cimentaciones.

Diseño:

No experimental, debido a que la variable independiente no es manipulada en ningún momento para presentar las propuestas diseño de cimentaciones superficiales en el Condominio Oasis.

Longitudinal, porque los datos del estudio geotécnico han sido determinados en más de una medición, lo que conlleva varios días en juntar la información necesaria.

Prospectiva, ya que los autores de la investigación han participado en la recolección de los datos, permitiendo planificar el estudio y teniendo el control de las variables.

3.2 Variables de estudio

3.2.1 Variable independiente:

Estudio geotécnico en suelo arenoso

3.2.2 Variable dependiente:

Diseño de cimentaciones superficiales

A continuación, se presenta la tabla N°10 que muestra la esquematización de las variables de estudio:

Tabla N° 10
Esquematización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
INDEPENDIENTE:		
Estudio geotécnico en suelo arenoso	Conjunto de actividades que permiten determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación	Peso específico Ángulo de fricción Cohesión Capacidad de carga Nivel freático
DEPENDIENTE:		
Propuestas de cimentaciones superficiales	Diseño realizado para soportar cargas de la superestructura sin que se produzcan fallas.	Profundidad de desplante (Df) Ancho de cimentación (B) Cargas de servicio

Fuente: Los autores

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población comprende el área total del Condominio Oasis, el cual tiene un total de 20 hectáreas habilitadas para casas de playa.

3.3.2 Muestra

La muestra alberga una (1) hectárea de terreno habilitado equivalente a 10 000 m², donde se realizarán 15 calicatas a cielo abierto para el estudio del suelo.

3.4 Instrumentos de recolección de datos

Se presentan los instrumentos utilizados en la elaboración de la investigación:

Reporte de datos del estudio geotécnico

El estudio geotécnico comprendió realizar los siguientes ensayos: Análisis granulométrico, Contenido de humedad, límites de Atterberg, Corte directo, Ensayos químicos y Densidad in situ, para analizar e interpretar mejor los resultados de los ensayos mencionados se utilizaron tablas, las cuales serán mostradas en el desarrollo de la investigación.

Hojas de Cálculo en Microsoft Excel

Se utilizaron hojas de cálculo en Excel para facilitar el cálculo de la capacidad de carga mediante los métodos de Terzagui, Meyerhof y Vesic

Etabs 2016

Es un software utilizado en el análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Para este proyecto, la casa piloto que será soportada por las cimentaciones se modeló en el Etabs para obtener el metrado de las cargas de servicio de cada elemento estructural de la vivienda.

SAFE 2014

SAFE es un software de sencillo uso, que permite modelar, analizar, dimensionar y detallar losas, vigas y cimentaciones de hormigón armado y postensadas. En este caso el SAFE fue utilizado para hallar los asentamientos que se presentan en las cimentaciones propuestas.

3.5 Procedimiento

1. Programa de investigación:
 - Condición de frontera
 - Número de puntos a investigar
 - Profundidad de cada punto
 - Número de muestras a extraer
 - Ensayos a realizar “In Situ” y en el laboratorio

2. Medrado de las cargas de servicio que soporta la cimentación en Etabs.

3. Cálculos de capacidades de carga para cimientos corridos y zapatas cuadradas.

4. Diseño de propuestas de cimentaciones superficiales para la zona de estudio.

5. Verificación de las propuestas de diseño en el programa SAFE.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1 Descripción del entorno de estudio

4.1.1 Ubicación

El Condominio Oasis Bahía de Paracas, se encuentra ubicado política y geográficamente (ver figura 16) tal como se describe a continuación:

Departamento : Ica

Provincia : Pisco

Distrito : Paracas

Lugar : Bahía de Paracas

Referencia : Panamericana Sur Km 245

Cuenta con 20 hectáreas de terreno habilitado para 181 lotes con áreas que varían desde 344 m² para viviendas de playa de 2 pisos hasta los 400 m² para viviendas de 1 piso.

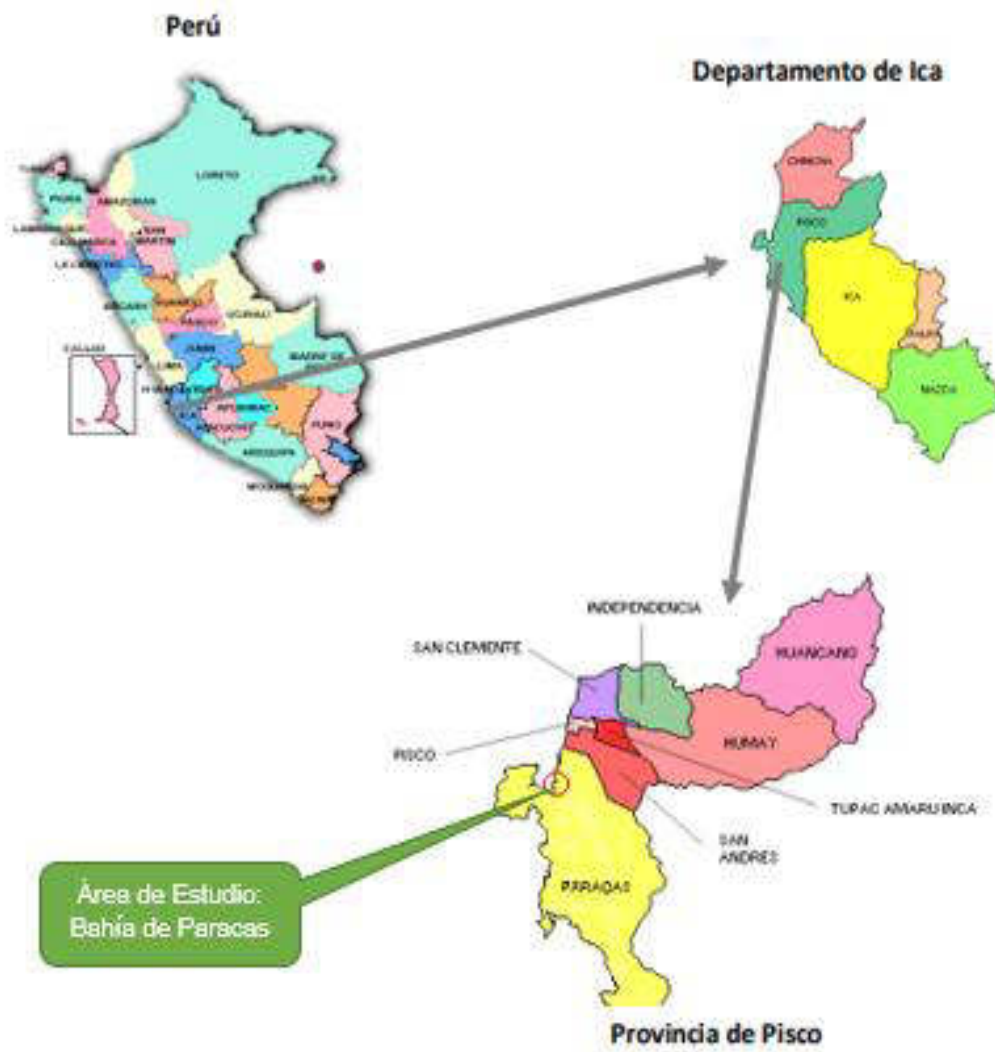


Figura 16: Vista de la ubicación geográfica del área de estudio
 Fuente: Ministerio del Ambiente (2011)

Acceso al área de estudio

Partiendo desde el cruce del distrito Independencia a unos 20 km, aproximadamente, se encuentra el área en estudio, Condominio Oasis (ver figura 17)



Figura 17: Acceso al área de estudio
Fuente: Google Maps.

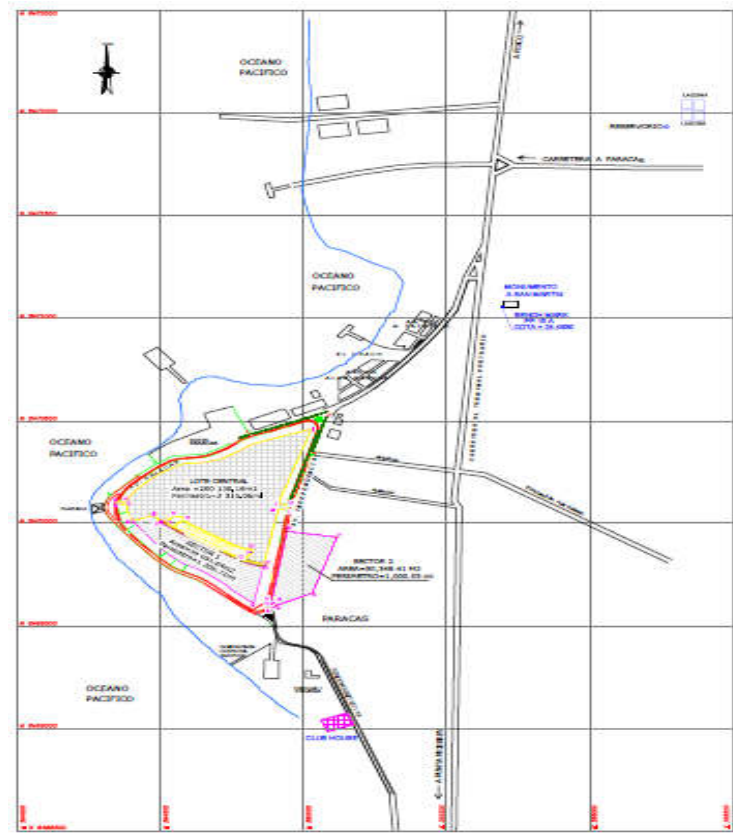


Figura 18: Plano de ubicación del Condominio Oasis (ver Anexo 7)
Fuente: Los autores

4.1.2 Condición climática

Presenta una temperatura media anual de 17 a 27°C, que llega en verano a una temperatura máxima de 27°C y en tiempos de invierno 17°C con manifestación de vientos, la zona de estudio está sobre una altura de 10.00 m.s.n.m., con un clima seco y cálido con presencia precipitaciones fluviales de 20.00 mm anuales promedio según el esquema de trazos de Isoyetas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

4.1.3 Topografía

La zona presenta una topografía plana, geomorfología continua, característica de la penillanura costera que está formada por sedimentos horizontales de tipo terciario de acumulaciones que provienen producto de la erosión de la cordillera andina, con abundante presencia de material coluvial, presencia de nivel freático a menos de dos metros del nivel de suelo natural.

4.1.4 Geología y sismicidad

Se consultó la literatura sobre la geología y sismicidad de la zona en estudio, la cual consistió en el Boletín N° 47 del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico elaborada por Fernández (1993):

Geología

El lugar de análisis se encuentra ubicado sobre depósitos cuaternarios recientes representados por depósitos eólicos y en la zona cercana al litoral, depósitos marinos. Los mantos de arena más antiguos son de escaso espesor, teniendo en áreas de mayor acumulación un metro como máximo. Hay presencia de arenas de grano grueso y de color gris oscuro, Hoy en día, estos depósitos son casi estáticos ocupando las zonas planas del litoral costero. Por otra parte, las arenas de grano fino y color claro, presentan mayor movilidad y cubren grandes extensiones, llegando a invadir las zonas de arenas oscuras.

Sismicidad

En Ica es muy posible de que ocurran sismos de intensidad de VIII a IX grados en la escala de Mercalli Modificada. La deducción de estas intensidades de sismos se debe al Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el

Perú realizado por Alva (1984), el cual se basó en datos de intensidades puntuales de sismos históricos y recientes.

El distrito de Paracas se encuentra comprendido en la Zona 3 de la Zonificación Sísmica del Perú con un factor de zona $Z = 0.35$, presenta un periodo de $T_p = 0.6$ s, factor de suelo $S = 1.2$ y cuyos parámetros geotécnicos pertenecen a un suelo tipo S2.



Figura 19: Zonas sísmicas
Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2018)

Tabla N° 11
Factores de zona sísmica

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: NTP E. 030 Diseño Sismorresistente (2018)

4.1.5 Características de la vivienda proyectada

En el Condominio Oasis, se tiene previsto la venta de terrenos para casas de playa de 1 a 2 pisos como máximo. A continuación se presenta las características arquitectónicas y estructurales de una vivienda que servirá como ejemplo para ser soportada por las cimentaciones propuestas en el siguiente capítulo:

Área de terreno: 380 m²

Distribución:

- **1° Nivel:** Hall de ingreso, baño de visitas, sala, comedor, cocina, terraza 1 con acceso a la sala, al comedor y a la cocina, jardín 1, piscina, terraza de piscina, dormitorio de servicio, baño de servicio, lavandería, jardín 2, patio, cisterna a nivel -2.45m y escaleras al 2° nivel.

- **2° nivel:** Sala de star familiar, 4 dormitorios, 3 baños y área libre

Estructura: Comprende un sistema aporticado de concreto con losas de concreto inclinadas y planas, con placas para luces mayores y rellenos de muros no estructurales.

La casa ha sido diseñada tomando en cuenta el factor del viento en Paracas, ya que en este lugar pueden alcanzar intensas velocidades, transportando arena y polvo. Se diseñaron techos con inclinación de tal forma se optimiza la ventilación cruzada. El Anexo muestra los planos arquitectónicos de los dos niveles de la casa proyectada a construcción.

4.2 Investigaciones de campo

Durante el desarrollo del estudio se ejecutó un programa de investigaciones geotécnicas in situ que fue llevado a cabo entre los días 27 al 29 de marzo del 2019.

La exploración geotécnica de campo se inició con un reconocimiento previo de la zona de estudio. Para determinar las características del subsuelo, se programaron 15 calicatas o excavaciones a cielo abierto obteniendo esta información según tablas proporcionadas por la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones (ver tabla 12 y 13), alcanzando profundidades de hasta 2.00 metros.

Tabla N° 12
Tipo de edificación

CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS* (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluido los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	C	C	C	B
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	B	A
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	A
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	B	A	A	A
* Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		B	A		

Fuente: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones (2018)

Tabla N° 13
Número de puntos de investigación

Tipo de edificación	Número de puntos de investigación (n)
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. De terreno habilitado

(n) nunca será menor de 3

Fuente: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones (2018)

En el plano PU-01 (ver Anexo 8), se logra apreciar la ubicación y distribución de las quince calicatas en una hectárea de terreno (muestra de estudio, cap. III de la investigación).

En la tabla N°14, se encuentran los puntos de exploración georreferenciados:

Tabla N° 14
Ubicación de calicatas

CALICATA	Coordenadas UTM WGS84		NIVEL FREÁTICO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	ESTE "X"	NORTE "Y"		
C-1	364576.923	8470204.15	1.50	1.50
C-2	364500.769	8470041.86	1.60	1.60
C-3	364467.948	8470180.46	1.30	1.30
C-4	364418.498	8470121.97	1.50	1.50
C-5	364500.811	8470120.11	1.40	1.40
C-6	364542.558	8470108.54	1.30	1.30
C-7	364610.826	8470173.73	1.40	1.40
C-8	364610.199	8470070.82	1.30	1.30
C-9	364675.046	8470119.57	1.30	1.30
C-10	364642.856	8470013.54	1.70	1.70
C-11	364715.864	8470026.97	1.40	1.40
C-12	364779.869	8469981.77	1.40	1.40
C-13	364817.674	8470057.25	1.50	1.50
C-14	364788.081	8470109.17	1.30	1.30
C-15	364857.431	8470127.14	1.90	1.90

Fuente: Los autores

4.3 Ensayos de laboratorio

4.3.1 Ensayos estándar

Tiene como objeto asociar a los diversos tipos de suelos según sus características y propiedades, está conformado por los siguientes ensayos y su respectiva reglamentación:

- a. Análisis granulométrico por tamizado (NTP 339.128)
- b. Contenido de humedad (NTP 339.127)
- c. Límites de Atterberg (NTP 339.129)

Dichos ensayos fueron realizados por los autores de la investigación en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad San Martín de Porres.

La tabla N°15, muestra de manera resumida, el resultado de estos ensayos:

Tabla N° 15

Resultados de Ensayos Estándar

Calicata	Profundidad (m)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		LÍMITES ATTERBERG		Humedad natural (%)
		Clasificación S.U.C.S	Clasificación A.A.S.H.T.O	Límite líquido	Límite Plástico	
C-1	1.50	SP	A1 - b (0)	NP	NP	9.81
C-2	1.60	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	6.90
C-3	1.30	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	8.60
C-4	1.50	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	6.10
C-5	1.40	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	6.10
C-6	1.30	SP	A1 - b (0)	NP	NP	7.60
C-7	1.40	SP	A1 - b (0)	NP	NP	9.40
C-8	1.30	SP	A1 - b (0)	NP	NP	6.70
C-9	1.30	SP	A1 - b (0)	NP	NP	8.10
C-10	1.70	SP	A1 - b (0)	NP	NP	9.20
C-11	1.40	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	9.50
C-12	1.40	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	9.10
C-13	1.50	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	7.60
C-14	1.30	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	8.20
C-15	1.90	SP	A-2-4 (0)	NP	NP	7.50

Fuente: Los autores

En el Anexo 3, se adjuntan los ensayos mencionados con sus respectivos resultados.

4.3.2 Densidad in situ: Método del cono de arena (NTP 339.171)

Para este ensayo se determinaron cinco (5) puntos distribuidos en toda el área de estudio en las cuales se desarrolló el ensayo in situ. El promedio de los cinco resultados fue utilizado en los cálculos a desarrollarse para poder determinar la capacidad de carga por corte.

La tabla N° 16, muestra los resultados del ensayo (ver detallado en el Anexo 4):

Tabla N° 16

Resultados del ensayo de Cono de arena

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	Densidad prom.
PROFUNDIDAD	0.60	0.80	0.90	0.70	0.80	1.68 g/cm ³
Calicata	C-13	C-14	C-06	C-02	C-04	
Lado	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1	
Densidad del suelo seco g/cm ³	1.52	1.65	1.89	1.60	1.76	

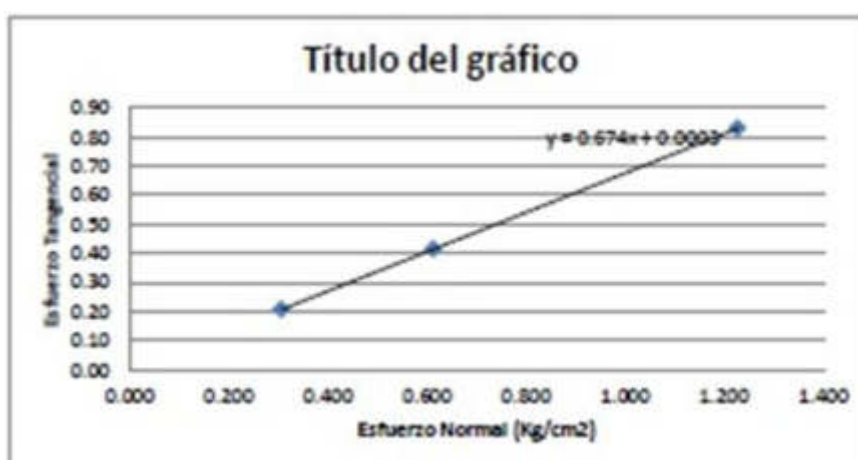
Fuente: Los autores.

4.3.3 Ensayo de Corte directo (NTP 339.171 / ASTM D3080)

El presente ensayo también fue realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad San Martín de Porres. Se realizó el ensayo a una muestra que representa a las 15 muestras extraídas. Los resultados fueron los siguientes (ver detalle en el Anexo 5):

Tabla N° 17

Resultados del ensayo de Corte directo



cohesión =	0.00
ϕ	33.50

Fuente: Los autores

4.3.4 Ensayo químico de suelos

Este ensayo fue realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, se tomaron cinco (5) muestras representativas provenientes de las calicatas 1, 3, 5, 7 y 13. A continuación se presenta la tabla N°18, resumiendo el contenido químico del suelo en las calicatas mencionadas:

Tabla N° 18
Resumen del Ensayo químico de suelos

Calicata	Muestra	Cloruros (Cl) p.p.m	Sulfatos (SO ₄) p.p.m	Sales Solubles
C-1	E-1	345.17	100.00	587.32
C-3	E-1	410.07	80.00	781.43
C-5	E-1	748.52	80	1137.86
C-7	E-1	692.65	110	991.37
C-13	E-1	1527.58	120	1809.3

Fuente: Los autores

De la tabla N°4 se concluye que los agentes químicos existentes (cloruros, sulfatos y sales solubles) en el suelo estudiado tienen un grado de agresividad **leve**, ya que la cantidad en p.p.m que presenta está muy por debajo del rango que resultaría perjudicial para la cimentación.

Tabla N° 4
Parámetros y definición de agentes agresores

Presencia en el suelo	p.p.m.	Grado de Alteración	Tipo de cemento	Observaciones
Sulfatos (SO ₄)	0 - 150	Leve	-	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	150 - 1500	Moderado	MS, IP	
	1500 - 10000	Severo	V	
	> 10000	Muy severo	V +puzolana	
Cloruros (CL)	> 6000	Perjudicial	-	Corrosión en armaduras
Sales Solubles Totales	> 15000	Perjudicial	-	Pérdida de Resistencia mecánica (Lixiviación)

Fuente: Norma Técnica E.060 Concreto Armado

4.3.5 Perfil estratigráfico del suelo

Se elaboró el perfil estratigráfico del suelo en base a las calicatas ejecutadas en campo y de los ensayos de laboratorio, los cuales se presentan en el Anexo 2

4.4 Cargas que serán transmitidas al suelo

Es necesario conocer las cargas que serán transmitidas al suelo a través de las cimentaciones, para tal efecto, se realizará un modelado de la vivienda en el software Etabs 16.2.1 considerando los valores de cargas que nos indica la Norma Técnica E.020 Cargas:

Tabla N° 19
Consideraciones de cargas para modelado en Etabs

Cargas permanentes	Unid.
Losa aligerada de concreto armado e=0.30m (1º piso)	420 kgf/m ²
Losa aligerada de concreto armado e=0.20m (2º piso)	300 kgf/m ²
Revoques y piso terminado	100 kgf/m ²
Concreto armado	2400 kgf/m ³
Muro de albañilería	1800 kgf/m ³
Cargas vivas	
Vivienda	200 kgf/m ²
Azotea	100 kgf/m ²
Tabiquería	100 kgf/m ²

Fuente: Norma Técnica E.020 Cargas

Las figuras 22 y 23 muestran la planta típica y la vista tridimensional del modelo utilizado, el cual se realizó en el Etabs, para ello se definieron secciones de columnas, vigas y placas con el respectivo material el cual es concreto armado $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

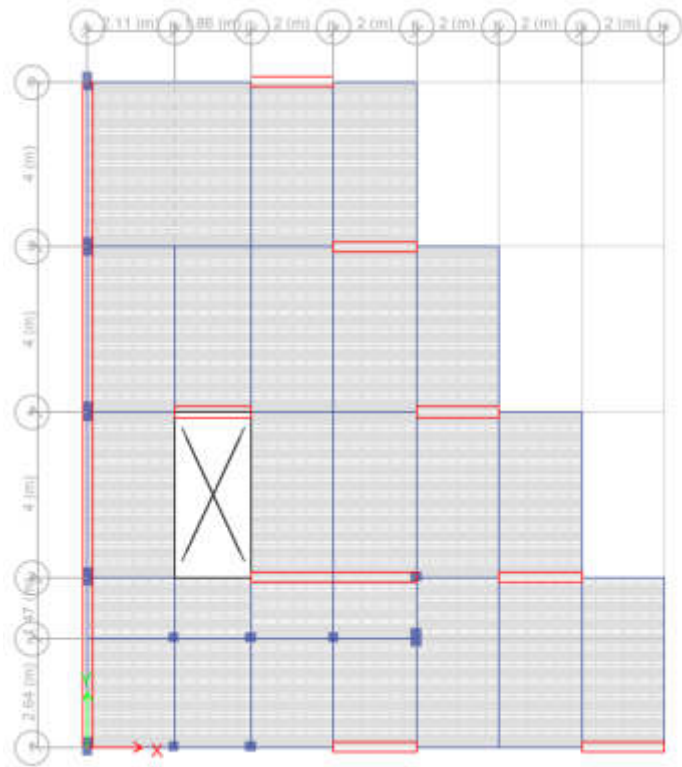


Figura 20: Planta típica 1º y 2º nivel, modelo en Etabs 16.2.1

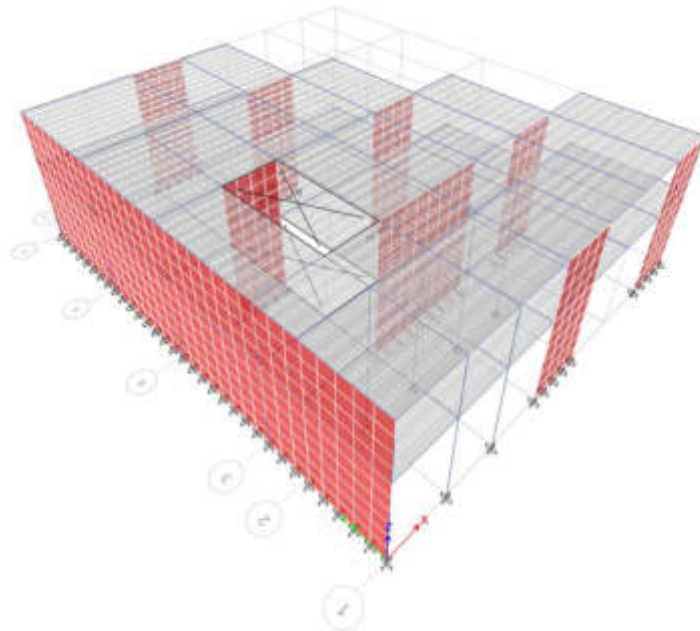


Figura 21: Vista 3D

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Determinación de la capacidad de carga por corte

5.1.1 Capacidad de carga por corte según Terzagui, Vesic y Meyerhof

Para calcular la capacidad de carga según los métodos mencionados se ha realizado la modificación respectiva a las ecuaciones debido a que se encuentra afectada por el nivel freático (**Caso II: $0 \leq d \leq B$**).

Considerando la tabla N°20, donde se presentan los parámetros de resistencia del suelo, fue utilizado para calcular la capacidad de carga según variación de las dimensiones (Df y B) de las cimentaciones superficiales:

Tabla N° 20
Parámetros de resistencia del suelo

Condición del terreno	Calicatas comprendidas	Propiedades del material		Parámetros de resistencia		Nivel freático (m)	Peso específico del agua: γ_w (tn/m ³)
		γ (tn/m ³)	γ_{sat} (tn/m ³)	ϕ (°)	c (tn/m ²)		
Natural	Todas	1.68	1.75	33.5	0.00	1.30	1.00

Fuente: Los autores

Para cimentaciones corridas

La tabla N° 21, muestra los resultados de la capacidad de carga para cimentaciones corridas con profundidades de desplante de 0.80, 1.00 y 1.20 m,

considerando el ancho de cimentación de 0.60, 0,80, 1.00, 1.20 y 1.40 m. Los valores han sido determinados a través de la programación realizada en Excel:

Tabla N° 21
Capacidad de carga por corte para cimientos corridos

Cimiento corrido						
Df (m)	B (m)	Método	qu (ton/m ²)	qadm (ton/m ²)	qu (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)
0.80	0.60	Terzagui	57.94	19.31	5.79	1.93
		Meyerhof	51.20	17.07	5.12	1.71
		Vesic	49.98	16.66	5.00	1.67
1.00	0.80	Terzagui	53.14	17.71	5.31	1.77
		Meyerhof	47.15	15.72	4.72	1.57
		Vesic	45.99	15.33	4.60	1.53
1.20	1.00	Terzagui	49.52	16.51	4.95	1.65
		Meyerhof	44.05	14.68	4.41	1.47
		Vesic	42.94	14.31	4.29	1.43
1.20	1.20	Terzagui	51.50	17.17	5.15	1.72
		Meyerhof	46.39	15.46	4.64	1.55
		Vesic	45.77	15.26	4.58	1.53
1.20	1.40	Terzagui	53.67	17.89	5.37	1.79
		Meyerhof	48.87	16.29	4.89	1.63
		Vesic	47.36	15.79	4.74	1.58

Fuente: Los autores

Para cimentaciones cuadradas

La tabla N° 22, muestra los resultados de la capacidad de carga para cimentaciones cuadradas con profundidades de desplante de 0.80, 1.00 y 1.20 m, considerando el ancho y la longitud de cimentación (B=L) de 1.00, 1.20 y 2.00 m. Los valores han sido determinados a través de la programación realizada en Excel:

Tabla N° 22
Capacidad de carga por corte para cimientos cuadrados

Zapatas cuadradas B=L						
Df (m)	BxL (m)	Método	qu (ton/m ²)	qadm (ton/m ²)	qu (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)
0.80	1.00	Terzagui	50.41	16.80	5.04	1.68
		Meyerhof	77.38	25.79	7.74	2.58
		Vesic	81.58	27.19	8.16	2.72
0.80	1.20	Terzagui	50.38	16.79	5.04	1.68
		Meyerhof	81.19	27.06	8.12	2.71
		Vesic	68.07	22.69	6.81	2.27
1.00	1.00	Terzagui	49.77	16.59	4.98	1.66
		Meyerhof	76.77	25.59	7.68	2.56
		Vesic	101.82	33.94	10.18	3.39
1.00	1.20	Terzagui	50.27	16.76	5.03	1.68
		Meyerhof	81.75	27.25	8.18	2.73
		Vesic	84.84	28.28	8.48	2.83
1.20	1.40	Terzagui	48.46	16.15	4.85	1.62
		Meyerhof	92.87	30.96	9.29	3.10
		Vesic	62.49	20.83	6.25	2.08

Fuente: Los autores

De los resultados que se muestran en las tablas N° 21 y 22 se obtuvo una sola capacidad de carga admisible para cada dimensionamiento de cimentación mediante el promedio de los tres métodos utilizados, de esta manera, se presentan las tablas N° 23 y 24:

Tabla N° 23

Resumen de la capacidad de carga para cimientos corridos

Cimiento corrido			
Df (m)	B (m)	qadm prom (ton/m ²)	qadm prom (kg/cm ²)
0.80	0.60	17.68	1.77
1.00	0.80	16.25	1.63
1.20	1.00	15.17	1.52
1.20	1.20	15.96	1.59
1.20	1.40	16.67	1.67

Fuente: Los autores

Tabla N° 24

Resumen de la capacidad de carga para zapatas cuadradas

Zapatas cuadradas			
Df (m)	BxL (m)	qadm prom (ton/m ²)	qadm prom (kg/cm ²)
0.80	1.00	23.26	2.33
0.80	1.20	22.18	2.19
1.00	1.00	25.37	2.54
1.00	1.20	24.10	2.41
1.20	1.40	22.65	2.27

Fuente: Los autores

5.2 Cálculo de asentamientos

Alva (s.f.) explica que de los tres tipos de asentamientos mencionados: uniforme, inclinación y diferencial (no uniforme), es de principal importancia el asentamiento diferencial, ya que tiene mayor dificultad en estimar y depende del suelo y de la estructura. Asimismo, también menciona que, “usualmente se especifica para zapatas de edificios comerciales un asentamiento total admisible de 1 pulgada” (p.61)

5.3 Propuestas de cimentaciones superficiales

Las propuestas de cimentaciones fueron diseñadas en el programa Safe, tomando en cuenta el dimensionamiento establecido en las tablas N° 23 y 24, los resultados obtenidos después del modelamiento en el programa fueron comparados con la capacidad de carga y con el asentamiento admisible; dichos resultados tuvieron que ser menores a los ya determinados para garantizar el buen funcionamiento de las cimentaciones.

Se propuso modelar en SAFE los siguientes tipos de cimentaciones superficiales: losa de cimentación, zapatas con vigas de cimentación y cimiento corrido. A continuación el desarrollo de cada propuesta:

5.3.1 Losa o platea de cimentación

Se diseñó una losa de cimentación de dimensiones: 15.72 m x 17.61 m, con un peralte de 0.15 m y profundidad de desplante (Df) de 1.20 m. Las figuras 22, 23 y 24 muestran la vista en 3D, los diagramas de asentamiento y capacidad de carga de la losa diseñada en Safe:

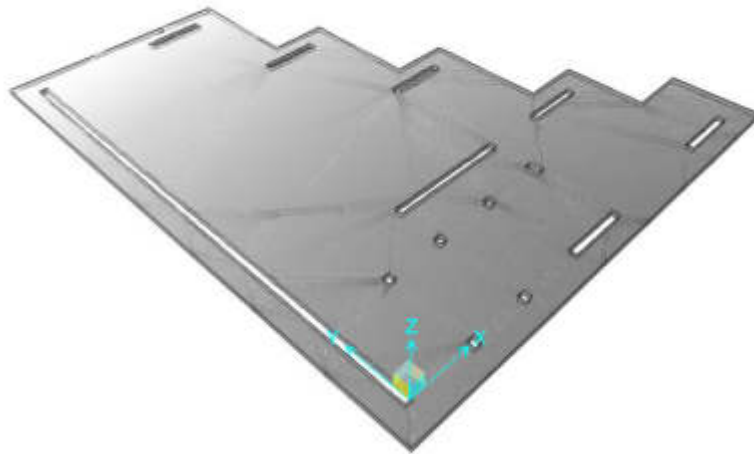


Figura 22: Losa de Cimentación - Vista en 3D

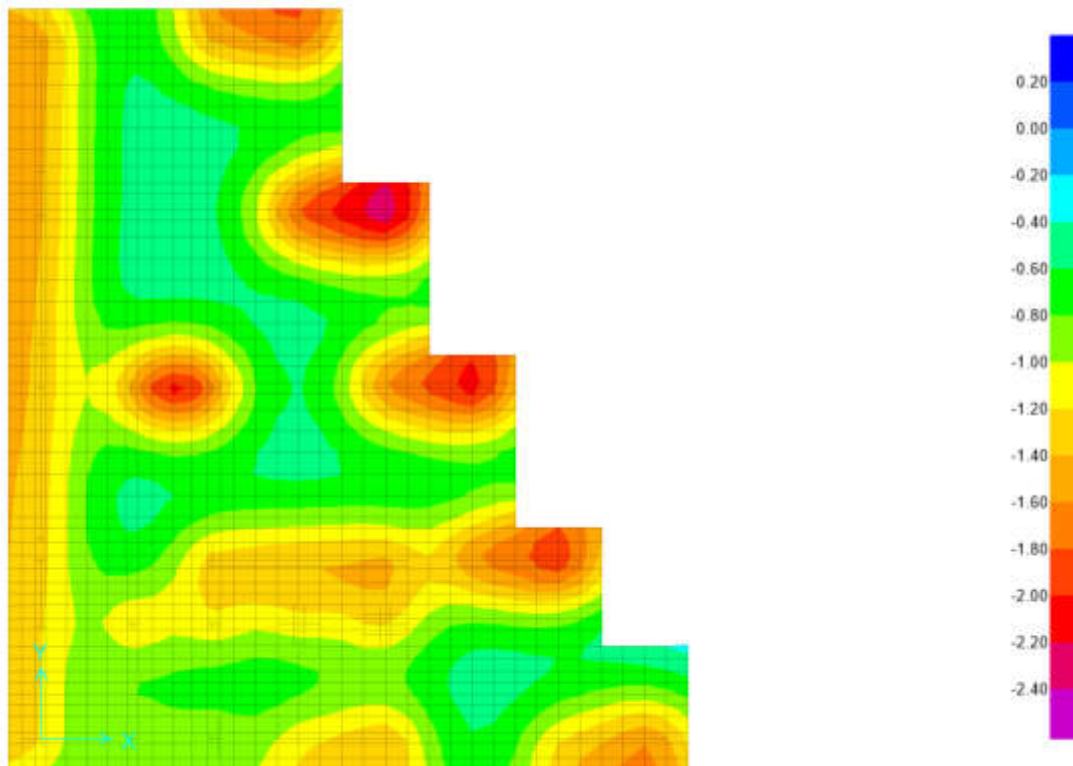


Figura 23: Diagrama de asentamientos

La losa de cimentación presenta un asentamiento máximo diferencial de $2.03 \text{ mm} = 0.203 \text{ cm}$, menor a 2.54 cm , entonces se verifica que cumpla por asentamiento.

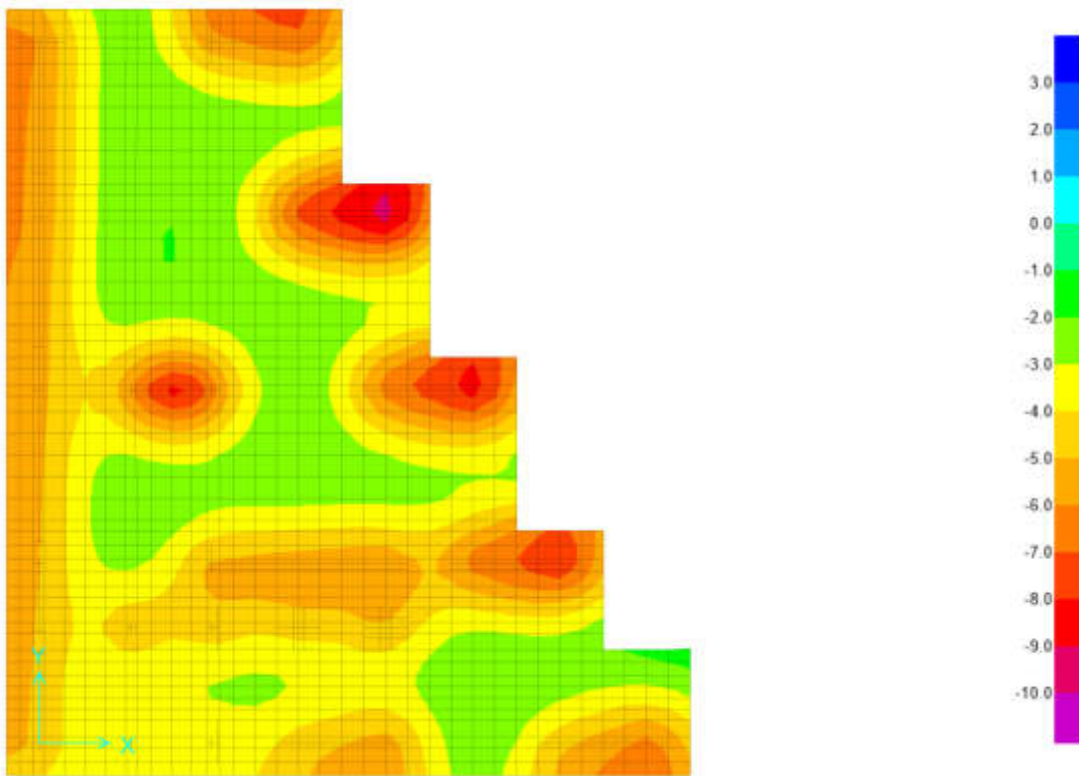


Figura 24: Diagrama de capacidad de carga máxima del suelo

La losa presenta una capacidad de carga de 8.15 ton/m² que es menor a 16.67 ton/m², entonces se verifica que este diseño sí cumple.

5.3.2 Zapatas conectadas con vigas de cimentación

Se diseñaron las zapatas conectadas con vigas de cimentación con una profundidad de desplante (Df) de 1.20 m. Las figuras 25, 26 y 27 muestran la vista en 3D, los diagramas de asentamiento y capacidad de carga de la zapatas conectadas:

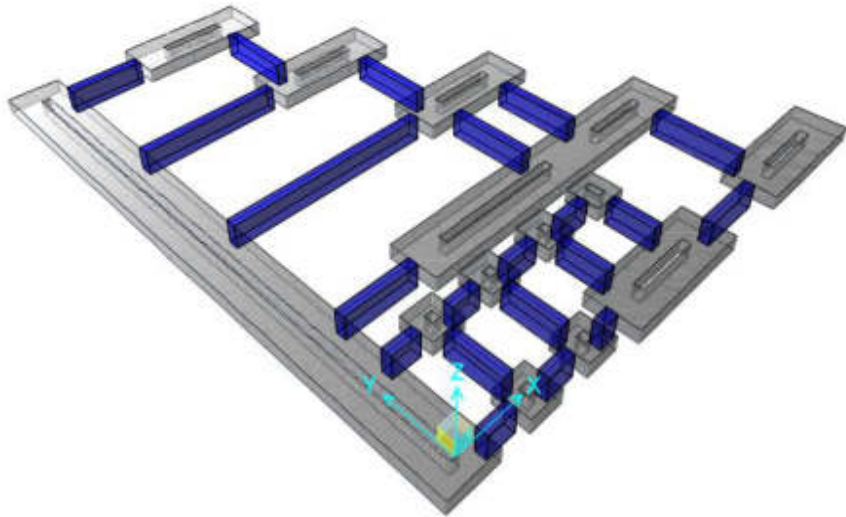


Figura 25: Zapatas conectadas con vigas de cimentación - Vista en 3D

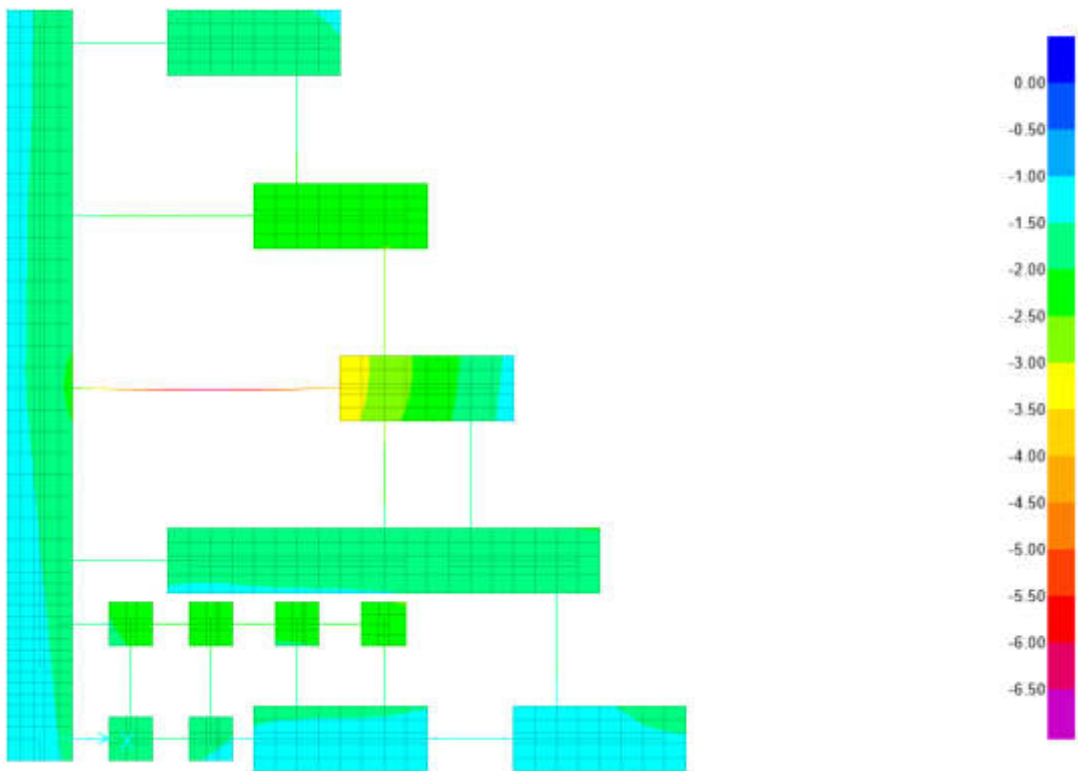


Figura 26: Diagrama de asentamientos

Se presenta un asentamiento máximo diferencial de 2.33 mm = 0.233 cm, menor a 2.54 cm, entonces se verifica que las zapatas conectadas con viga de cimentación cumplen por asentamiento

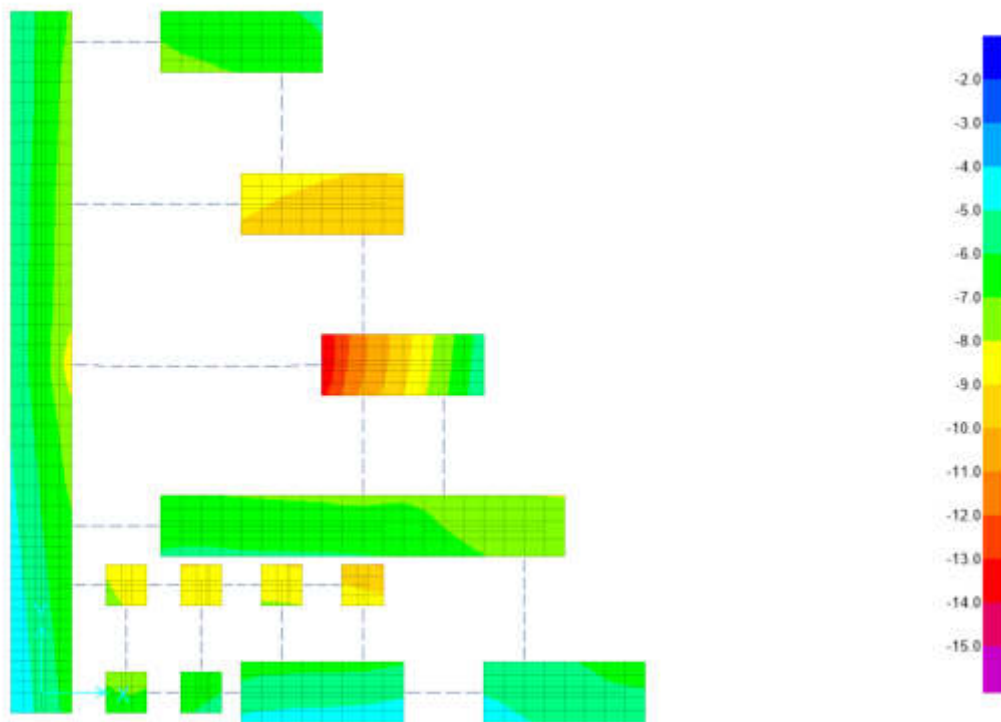


Figura 27: Diagrama de capacidad de carga máxima del suelo

Se tiene una capacidad de carga de 14.00 ton/m2 que es menor a 16.67 ton/m2, entonces se verifica que este diseño sí cumple.

5.3.3 Cimiento corrido

Se diseñó el cimiento corrido con una profundidad de desplante (Df) de 1.20 m. Las figuras 28, 29 y 30 muestran la vista en 3D, los diagramas de asentamiento y capacidad de carga de la cimentación corrida:



Figura 28: Cimiento corrido - Vista en 3D

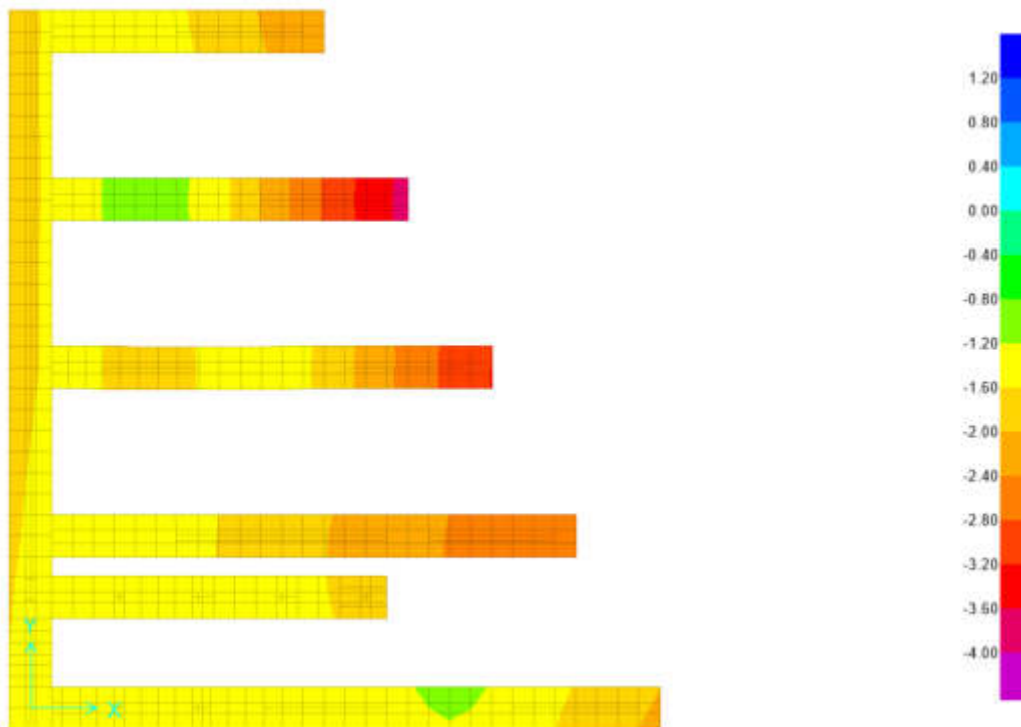


Figura 29: Diagrama de asentamientos

Se presenta un asentamiento máximo diferencial de 3.55 mm = 0.355 cm, menor a 2.54 cm, entonces se verifica que la cimentación con cimiento corrido cumple por asentamiento.

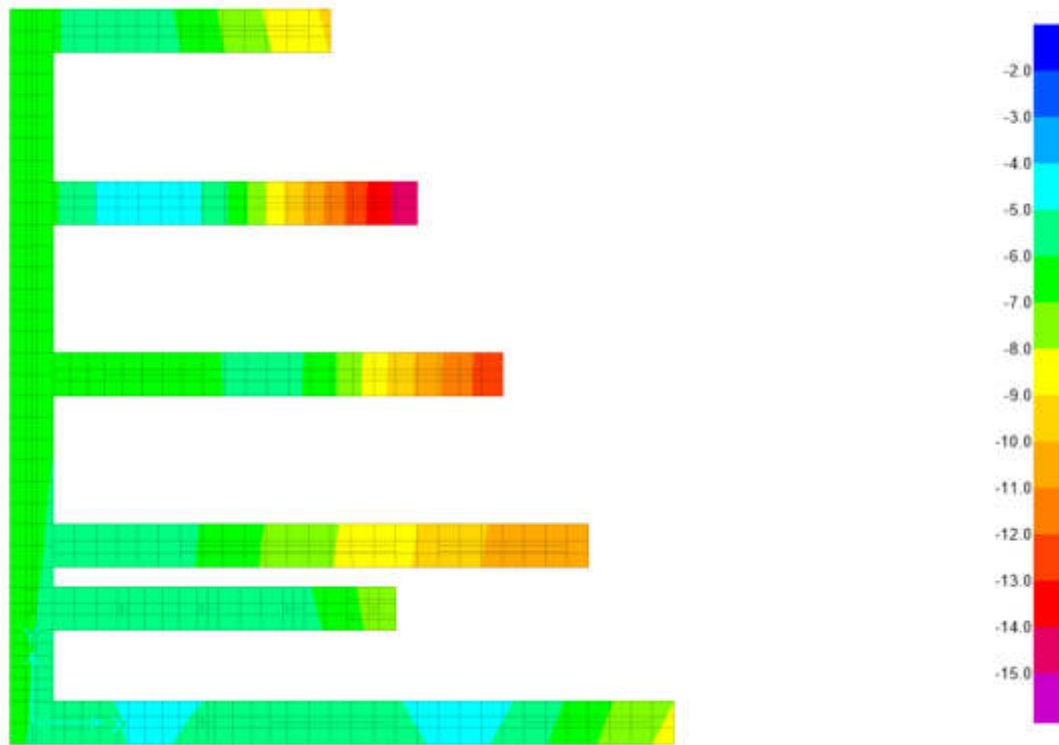


Figura 30: Diagrama de capacidad de carga máxima del suelo

Se tiene una capacidad de carga de 14.97 ton/m² que es menor a 16.67 ton/m², entonces se verifica que este diseño sí cumple.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, en el capítulo, anterior se deduce que las tres propuestas de diseño de cimentaciones: losa de cimentación, zapatas conectadas con viga de cimentación y cimiento corrido son confiables para una profundidad de desplante de 1.20m, ya que los valores obtenidos tanto en capacidad de carga máxima como en asentamiento son menores a los ya determinados por métodos analíticos, pero al momento de decidir por alguno de ellos se deben de analizar varios factores como el proceso constructivo, tiempo y presupuesto. El diseño que resulta más seguro es la losa de cimentación seguido de las zapatas con viga de cimentación y por último el cimiento corrido.

Como parte del resultado de la investigación se procedió a verificar cada propuesta de cimentación superficial con el programa Safe, ha sido de mucha ayuda en este proyecto ya que nos ha permitido corroborar las capacidades de carga máxima como también los asentamientos, cabe resaltar que no se puede obtener los resultados en este programa sin tener las propiedades del suelo obtenidas del estudio geotécnico.

CONCLUSIONES

1. El estudio geotécnico obtenido determina que el tipo de suelo que predomina en el área de estudio es arena pobremente graduada (SP), según la clasificación AASHTO el tipo de suelo es A2-4(0) y presenta una densidad promedio de 1.68 g/cm³.
2. Como resultado de los parámetros de resistencia obtenidos del ensayo de Corte Directo tenemos un ángulo de fricción de 33.5° y cohesión 0.00.
3. Se ha detectado Napa freática a partir de 1,30 m. de profundidad del nivel de suelo, por lo que las cotas de fundación no se verán afectadas por el nivel freático teniendo una capacidad de carga admisible de 16.67 ton/m².
4. Las tres propuestas diseñadas de cimentaciones superficiales cumplen tanto por capacidad de corte como por asentamiento, pero la que resulta más segura es la losa de cimentación presentando una capacidad de carga de 8.15 ton/m² y asentamiento de 2.03mm

RECOMENDACIONES

1. Cuando la zona de estudio presente materia orgánica se deberá retirar la vegetación y el relleno, luego remplazarlos por material propio y volver a rellenarlo en forma controlada.
2. Continuar con la línea de investigación para llevar a cabo perforaciones más profundas y con equipos especializados, para obtener datos más exactos sobre los parámetros de resistencia y otras propiedades del suelo.
3. Teniendo en cuenta el nivel freático, colocar un falso cimiento de 0.10 m para mejorar las condiciones del terreno. Utilizar cemento tipo V para prevenir el ataque de los agentes químicos.
4. Ya que las tres propuestas planteadas de cimentaciones superficiales resultan garantizar un buen soporte a la estructura, se deberá elegir la que mejor convenga de acuerdo al proceso constructivo, tiempo y presupuesto.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

Arévalo, R. & Oña, H. (2011) *Cálculo y diseño estructural de un coliseo para el colegio Juan de Salinas* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.

Baquerizo, C. (2015) *Estudio geotécnico de suelos para la construcción del complejo deportivo Piuray Pampa, distrito de Chincheros Urubamba – Cusco* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Capote, J. (1994). *Construcción y edificación industrial*. España: Editorial Universidad de Cantabria. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Castillo, M. (2017) *Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia la Matriz del cantón Patate provincia de Tungurahua* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ta Edición. D.F., México: Editorial Limusa.

Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. 7ma Edición. D.F., Mexico: Editorial Cengage Learning.

- Escriba, J. (2016) *Cimentaciones superficiales apoyadas en suelos arenosos con aplicación en el asentamiento humano Cocalla – Lomo de Corvina – Villa El Salvador* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Fernández, M. (1993) *Geología de los cuadrángulos de Pisco, Guadalupe, Punta Grande, Ica y Córdova* [Boletín A 47]. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET.
- Gonzales, N. & Torres, J. (2018) *Microzonificación geotécnica y diseño de cimentaciones superficiales en el sector Taquilla de las Delicias, distrito de Moche, provincia de Trujillo – La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Herrera, J. & Castilla, J. (2012). *Utilización de técnicas de sondeos en estudios geotécnicos. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid. España.*
- Instituto Geofísico del Perú (2017). *Zonificación sísmica-geotécnica de la ciudad de San Vicente de Cañete.*
- Lambe, W. & Whitman, R. (1964). *Mecánica de suelos*. México: Editorial Limusa.
- Laura, S. (2016) *Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la bahía de Puno, para cimentaciones superficiales* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Norma Técnica de Edificaciones (2006). E.020 Cargas. El Peruano.
- Norma Técnica de Edificaciones (2018). E.030 Diseño Sismorresistente. El Peruano.
- Norma Técnica de Edificaciones (2018). E.050 Suelos y Cimentaciones. El Peruano.
- Norma Técnica de Edificaciones (2018). E.060 Concreto Armado. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO

- Martínez, G. & Pereira, Y. (2010) *Importancia del estudio del suelo para la determinación de fundaciones en obras civiles* (Tesis de pregrado). Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui, Anzoátegui, Barcelona.
- Molina, E. (2016) *Caracterización geotécnica de la ciudad de Barranquilla, Colombia* (Tesis de pregrado). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Colombia.
- Montes de Oca, C. (2009) *Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones para el hospital Starmédica, ubicado en el Edo de México* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Pajuelo, A. (2018) *Diseño geotécnico de la cimentación del mercado modelo Villas de Ancón, distrito de Ancón* (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Regal, A. (1939). *La ingeniería del suelo*. Lima, Perú: Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

Electrónicas

Alva, J. *Cimentaciones Superficiales*. Lima. Recuperado de:

<http://www.jorgealvahurtado.com/files/DisenoCimentacionesAlva.pdf>

Universidad de Chile. (2006). Apuntes laboratorio CI44A. Recuperado de:

https://www.ucursos.cl/ingenieria/2011/2/GL5201/1/material_docente/bajar?id_material=396219

Universidad Nacional de Ingeniería. (2006). Corte directo (Consolidado drenado). Recuperado de:

<http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%20OPERATIVOS/Ensayo%20de%20corte%20directo.pdf>

Universidad Nacional de Ingeniería. (2006). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Recuperado de:

<http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%20OPERATIVOS/Determinacion%20del%20contenido%20de%20Humedad.pdf>

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Matriz de consistencia	89
Anexo 2. Panel fotográfico	93
Anexo 3. Perfil estratigráfico del suelo	101
Anexo 4. Ensayos Estándar	116
Anexo 5. Densidad in situ	131
Anexo 6. Ensayo de Corte Directo	132
Anexo 7. Ensayo químico	133
Anexo 8. Plano de ubicación del condominio Oasis	
Anexo 9. Plano de ubicación de calicatas	
Anexo 10. Plano arquitectónico de la vivienda proyectada	

ANEXO 2
PANEL FOTOGRÁFICO



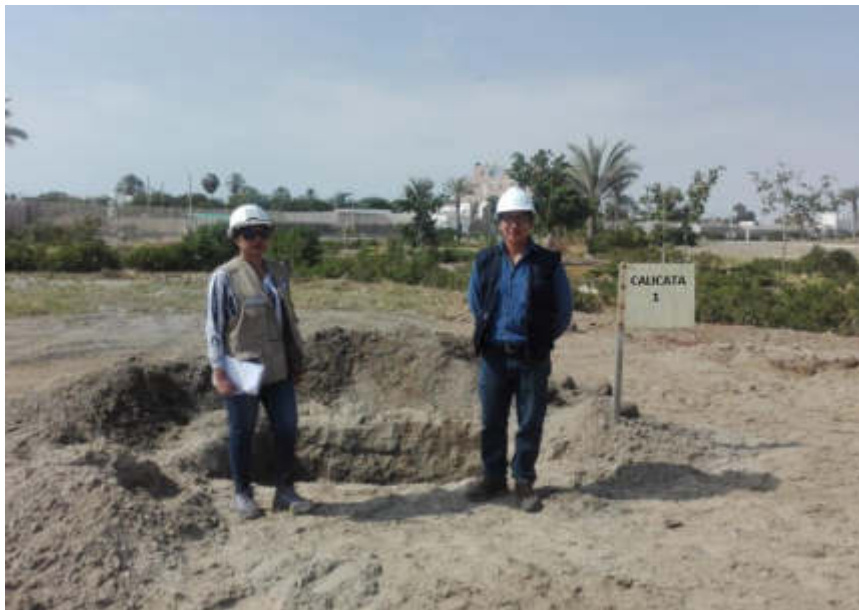
Identificación de calicatas y comienzo de excavación



Excavación Calicata N°1



Excavación de calicata hasta encontrar napa freática



Señalización de Calicata N° 1



Medición de nivel freático



Extracción de muestras del suelo



Excavación de Calicata N°8



Recolección de las muestras del suelo

Ensayo de Análisis granulométrico



Tamizado de la muestra



Tamizado de las partículas finas



Peso de la grava existente



Preparación de la muestra



Ensayo de contenido de humedad:
Preparación de la muestra



Contenido de humedad:
Apuntes del ensayo



Ensayo de Límites de Atterberg
Determinación del límite líquido



Ensayo de Límites de Atterberg
Determinación del límite plástico

Ensayo de Corte Directo



Colocación de la muestra en la caja de corte



Colocación de agua esterilizada en la caja de corte (para el drenado de la muestra)



Equipo completo de corte directo



Toma de datos de los deformímetros

Densidad in situ: Cono de arena



Equipo completo del cono de arena



Excavación del hueco



Abertura del hueco



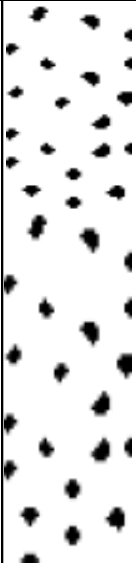

Relleno del hueco con arena de densidad conocida

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CALICATA N° 1

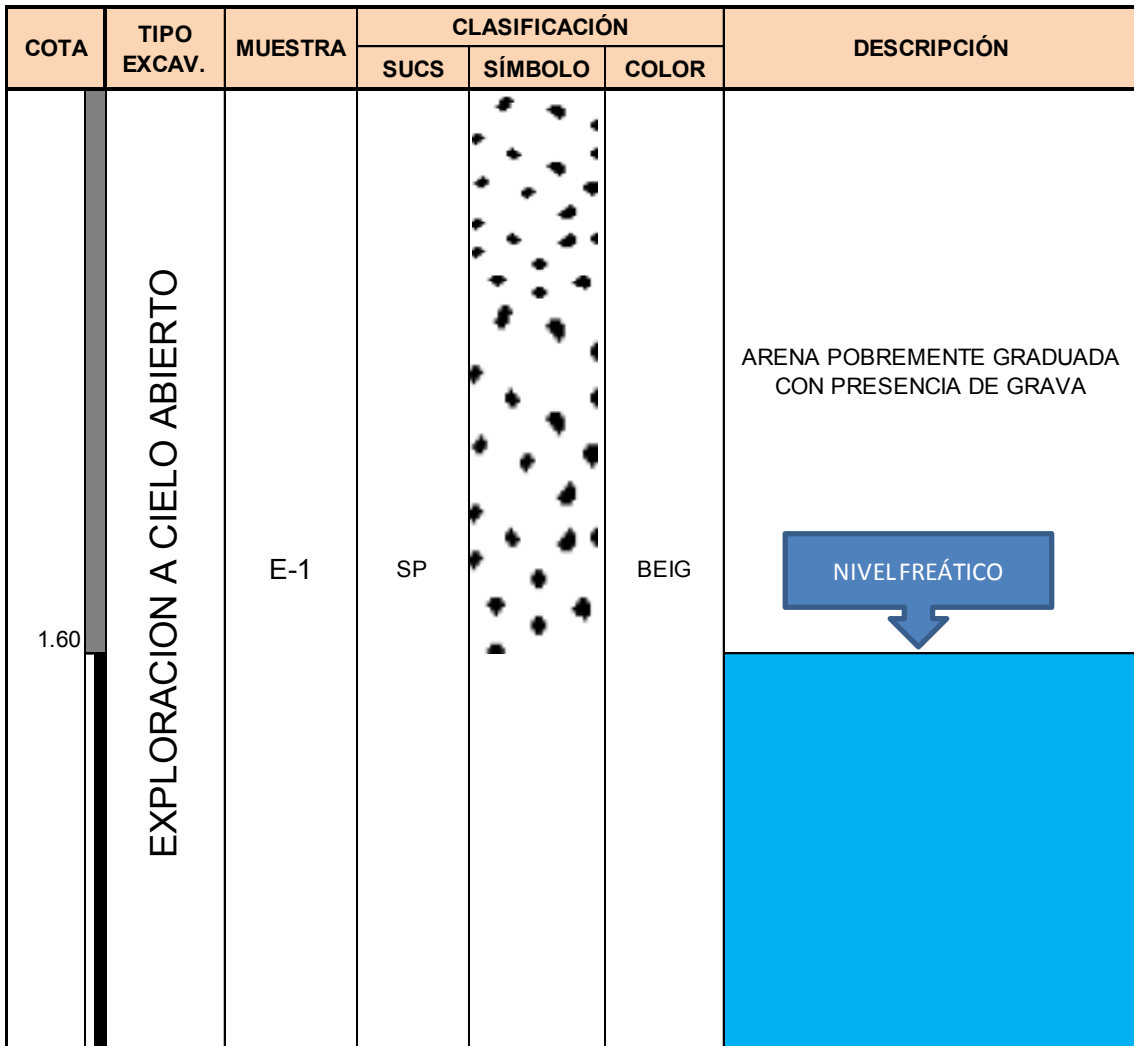
PROFUNDIDAD 1.50 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.50	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA <div style="border: 1px solid black; background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px auto;"> NIVEL FREÁTICO </div> 

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CALICATA N° 2
 PROFUNDIDAD 1.60 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019



ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CALICATA N° 3
 PROFUNDIDAD 1.30 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.30	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA  NIVEL FREÁTICO

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO




CALICATA N° 4

PROFUNDIDAD 1.50 m

PROYECTO "CONDOMINIO OASIS"

UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA



FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.50	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	<p>ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA</p> <p> NIVEL FREÁTICO</p> 

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CALICATA N° 5
 PROFUNDIDAD 1.40 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.40	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA  NIVEL FREÁTICO

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CALICATA N° 6
 PROFUNDIDAD 1.30 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.30	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA 

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CALICATA N° 7

PROFUNDIDAD 1.40 m

PROYECTO "CONDOMINIO OASIS"

UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA

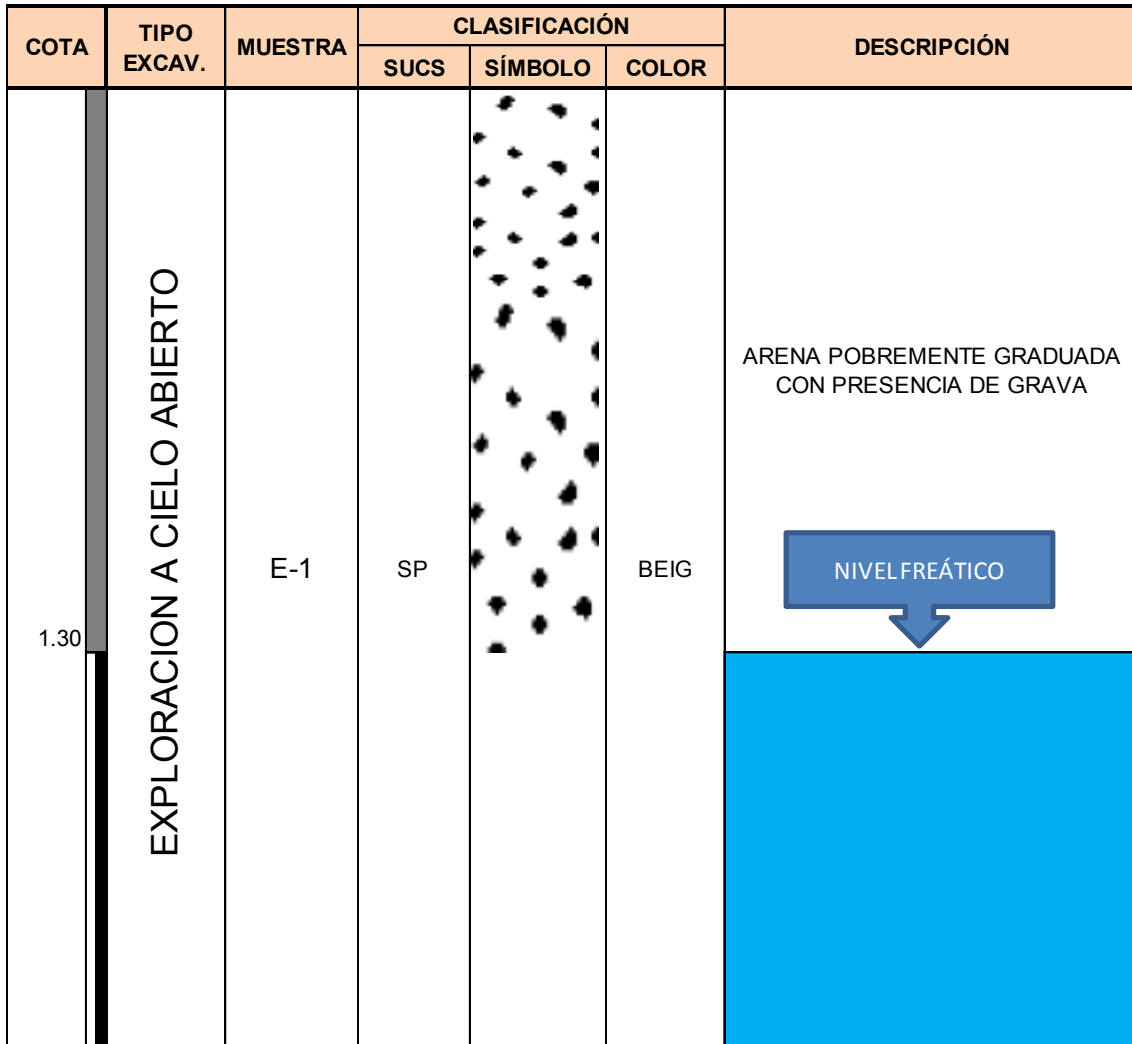
FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.40	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA  NIVEL FREÁTICO

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CALICATA N° 8
 PROFUNDIDAD 1.30 m
 PROYECTO "CONDOMINIO OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019



ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CALICATA N° 9
 PROFUNDIDAD 1.30 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.30	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA <div style="border: 1px solid black; background-color: #4a86e8; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px auto;"> NIVEL FREÁTICO </div> 

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CALICATA N° 10
 PROFUNDIDAD 1.70 m
 PROYECTO "CONDOMINIO OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.70	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA 

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

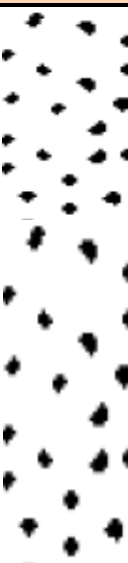

CALICATA N° 11
 PROFUNDIDAD 1.40 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.40	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA <div style="border: 1px solid black; background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px auto;"> NIVEL FREÁTICO </div> 

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

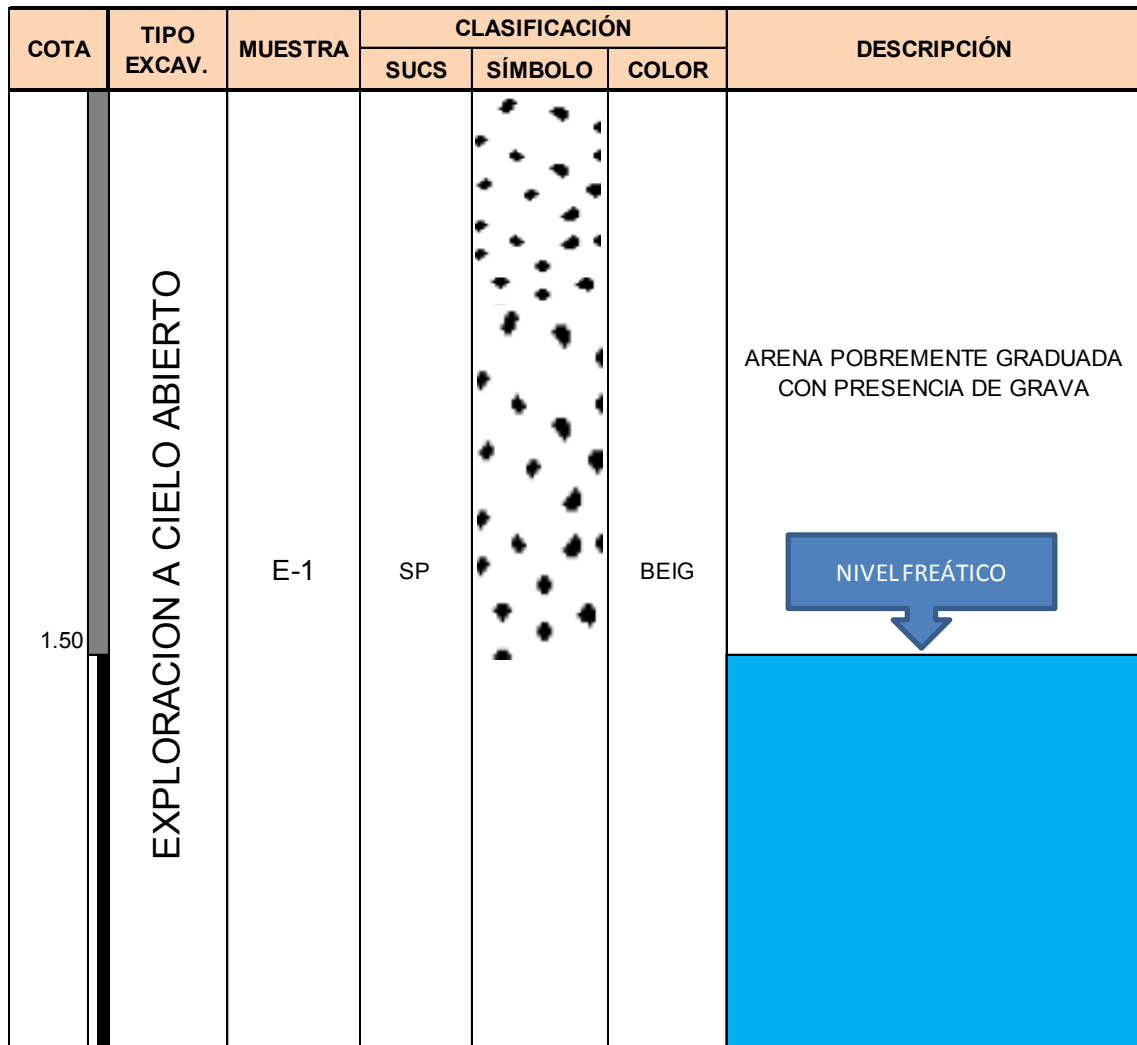
CALICATA N° 12
 PROFUNDIDAD 1.40 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.40	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA <div style="text-align: center;">  <p>NIVEL FREÁTICO</p> </div>

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CALICATA N° 13
 PROFUNDIDAD 1.50 m
 PROYECTO "CONDOMINIO OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019





ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CALICATA N° 14

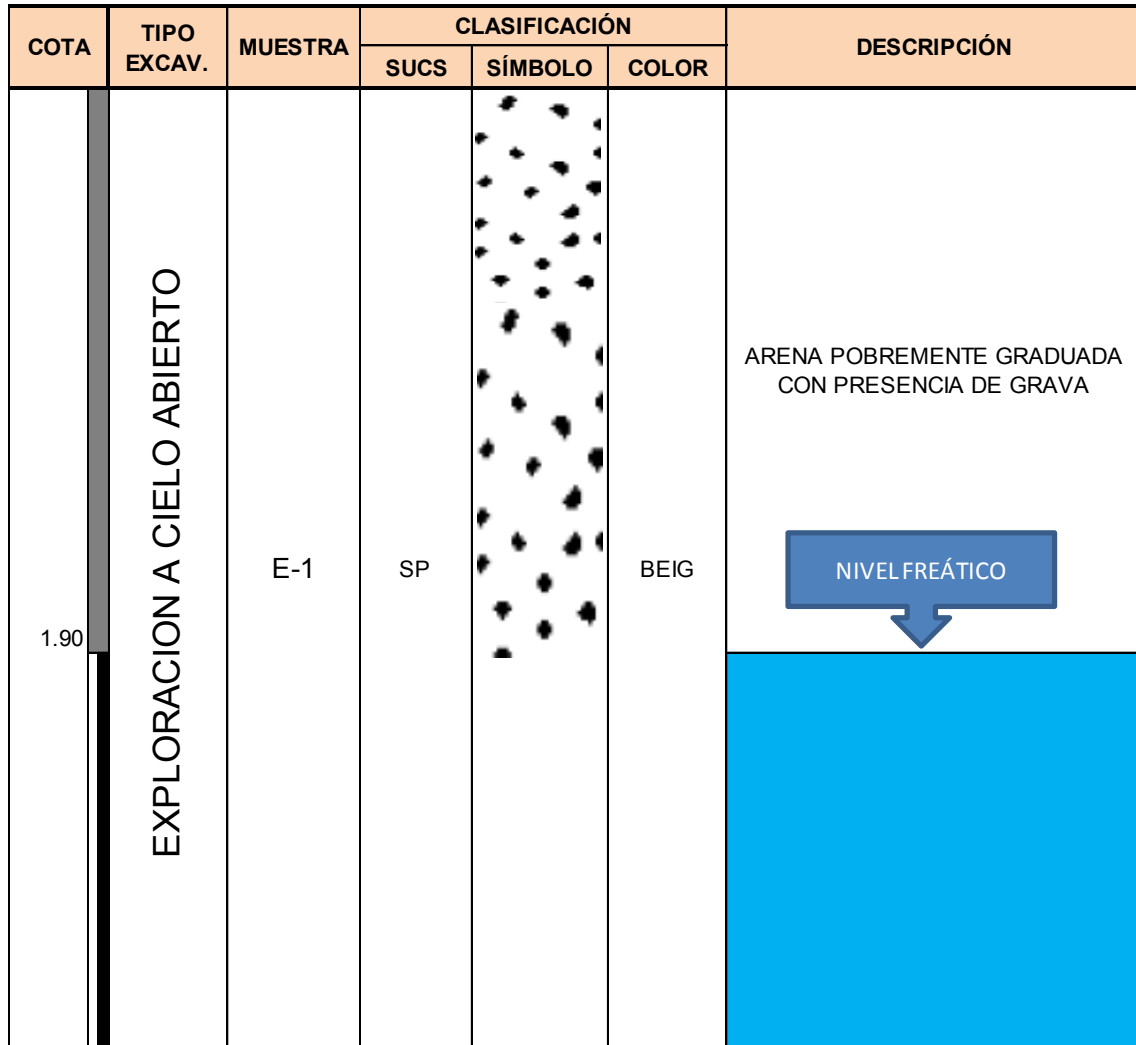
PROFUNDIDAD 1.30 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019

COTA	TIPO EXCAV.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN
			SUCS	SÍMBOLO	COLOR	
1.30	EXPLORACION A CIELO ABIERTO	E-1	SP		BEIG	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE GRAVA  NIVEL FREÁTICO

ANEXO 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CALICATA N° 15
 PROFUNDIDAD 1.90 m
 PROYECTO "CONDominio OASIS"
 UBICACIÓN BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 FECHA ABRIL DEL 2019



ANEXO 4



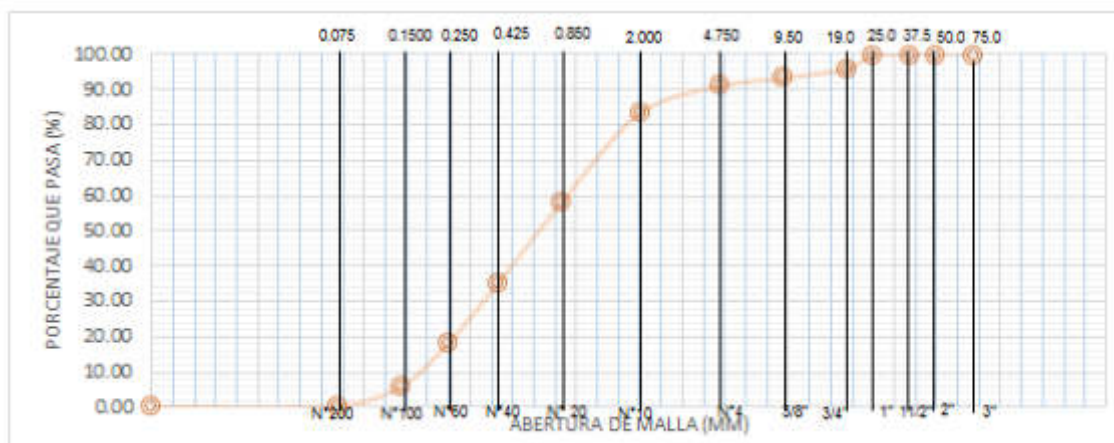
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA - PEÚ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: CONDOMINIO OASIS
 Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 Elaborado por: CHALCO CHAVEZ PERCY
 OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: ABRIL DEL 2019
 Muestra: C- 1; E-1
 Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
 Profundidad: 0.00 a 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMAÑO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad (%): 9.81
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
	19.000	¾	39.50	96.05		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	¾	27.80	93.27		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	Nº 4	22.50	91.02		Clasificación (AASHTO): A-1-b(0)
	2.000	Nº 10	77.20	83.30		
	0.850	Nº 20	253.10	57.99		
	0.425	Nº 40	230.90	34.90		
	0.250	Nº 60	166.50	18.25		
	0.150	Nº 100	122.40	6.01		
	0.075	Nº 200	55.70	0.44		
	0.000	< 200	4.40	0.00		
D10 (mm)		0.18	Cu	5.16		
D30 (mm)		0.37	Cc	0.81		
D60 (mm)		0.94	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS
Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



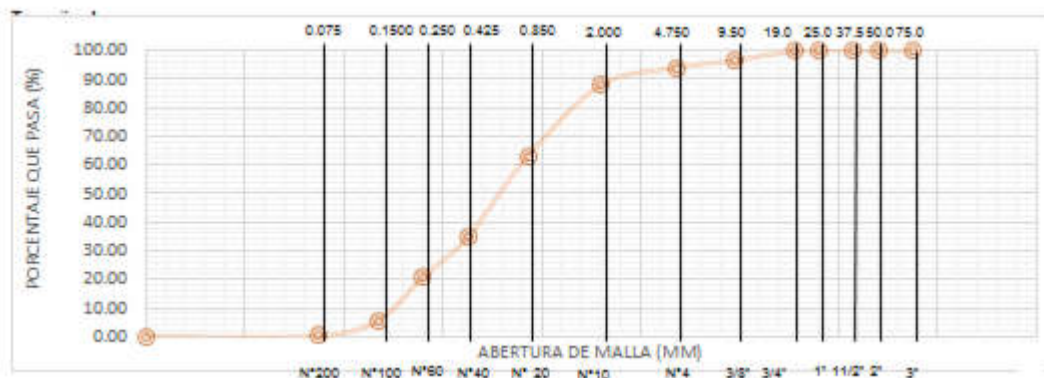
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: CONDOMINIO OASIS
Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
Elaborado por: CHALCO CHAVEZ PERCY OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
Fecha: ABRIL DEL 2019
Muestra: C- 2; E-1
Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
Profundidad: 0.00 a 1.60 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	ASTM D422 - D2216 - D2487 / AASHTO T87				LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	Contenido de humedad(%):	
	TAMAÑO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA			6.90
	75.000	3"	0.00	100.00		Limite Liquido (LL):	0.0
	50.000	2	0.00	100.00		Limite Plastico (LP):	NP
	37.500	1½	0.00	100.00		Indice Plastico (IP):	NP
	25.000	1	0.00	100.00		Clasificación (SUCS):	SP
	19.000	3/4	0.00	100.00		Descripción:	Arena Pobremente Graduada
	9.500	3/8	33.10	96.69		Clasificación (AASHTO):	AZ-4(0)
	4.750	Nº 4	27.10	93.98			
	2.000	Nº 10	58.70	88.11			
	0.850	Nº 20	248.10	63.30			
	0.425	Nº 40	282.60	35.04			
	0.250	Nº 60	142.20	20.82			
0.150	Nº 100	151.20	5.70				
0.075	Nº 200	54.20	0.28				
0.000	< 200	2.80	0.00				
D10 (mm)		0.18	Cu	4.49			
D30 (mm)		0.36	Cc	0.92			
D60 (mm)		0.80	I.G.	-			

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS
Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



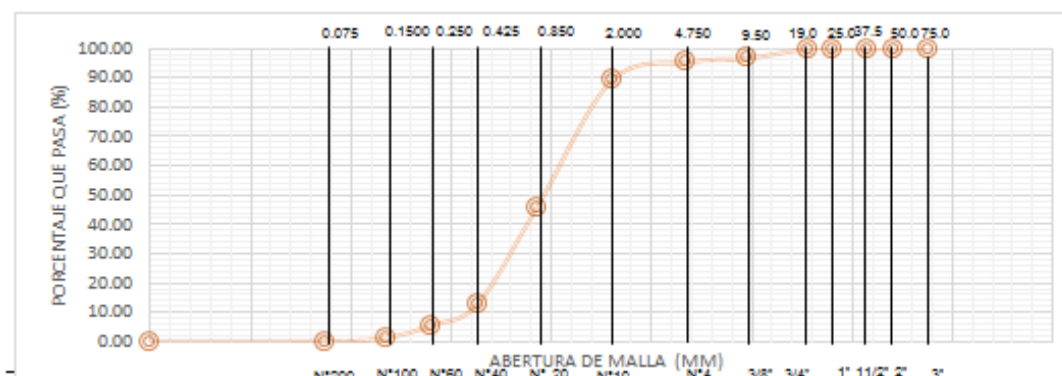
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: CONDOMINIO OASIS
 Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 Elaborado por: CHALCO CHÁVEZ PERCY OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: ABRIL DEL 2019
 Muestra: C- 3; E-1
 Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
 Profundidad: 0.00 a 1.30 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad(%): 8.60
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
	19.000	3/4	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	3/8	33.60	96.64		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	N° 4	12.90	95.35		Clasificación (AASHTO): A2-4(U)
	2.000	N° 10	61.90	89.16		
	0.850	N° 20	430.70	46.09		
	0.425	N° 40	334.40	12.65		
	0.250	N° 60	70.20	5.63		
	0.150	N° 100	42.60	1.37		
0.075	N° 200	12.50	0.12			
0.000	< 200	1.20	0.00			
D10 (mm)		0.36	Cu	3.40		
D30 (mm)		0.65	Cc	0.95		
D60 (mm)		1.22	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

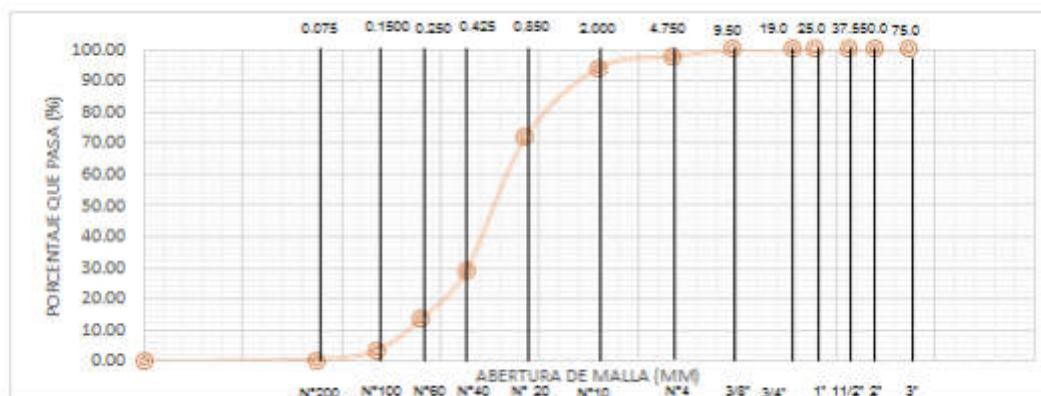
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: CONDOMINIO OASIS
 Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 Elaborado por: CHALCO CHAVEZ PERCY
 OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: ABRIL DEL 2019
 Muestra: C- 4; E-1
 Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
 Profundidad: 0.00 a 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad(%): 6.10
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
	19.000	¾	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	¾	0.00	100.00		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	Nº 4	19.80	98.02		Clasificación (AASHTO): A2-4(0)
	2.000	Nº 10	36.90	94.33		
	0.850	Nº 20	224.10	71.92		
	0.425	Nº 40	429.40	28.98		
	0.250	Nº 60	153.30	13.65		
	0.150	Nº 100	101.90	3.46		
	0.075	Nº 200	28.70	0.59		
	0.000	< 200	5.90	0.00		
D10 (mm)		0.21	Cu	3.42		
D30 (mm)		0.44	Cc	1.21		
D60 (mm)		0.73	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO
ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

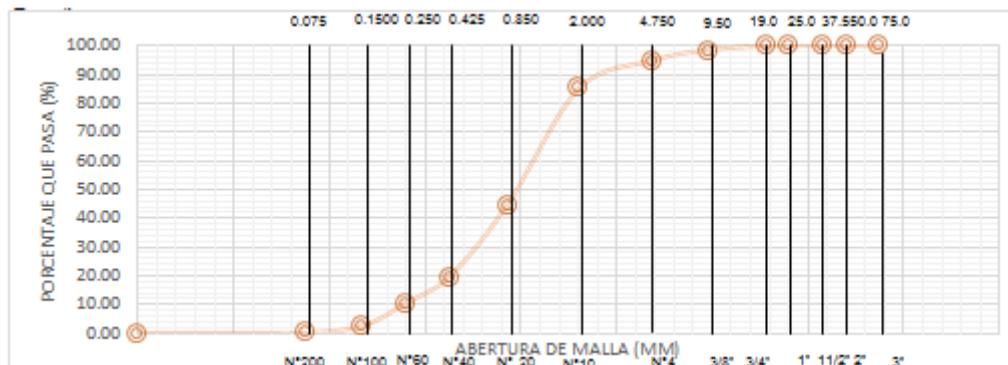
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: **CONDOMINIO OASIS**
 Ubicación: **BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA**
 Elaborado por: **CHALCO CHAVEZ PERCY**
OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: **ABRIL DEL 2019**
 Muestra: **C- 5; E-1**
 Peso Total de la Muestra: **500.00 gr.**
 Profundidad: **0.00 a 1.40 m**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLASTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad (%): 6.10
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
	19.000	3/4	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	3/8	13.80	98.62		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	N° 4	38.20	94.80		Clasificación (AASHTO): AZ-4(0)
	2.000	N° 10	97.20	85.08		
	0.850	N° 20	403.70	44.71		
	0.425	N° 40	248.20	19.89		
	0.250	N° 60	93.50	10.54		
	0.150	N° 100	78.10	2.73		
	0.075	N° 200	24.70	0.26		
0.000	< 200	2.60	0.00			
D10 (mm)		0.24	Cu	4.20		
D30 (mm)		0.60	Cc	1.44		
D60 (mm)		1.02	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

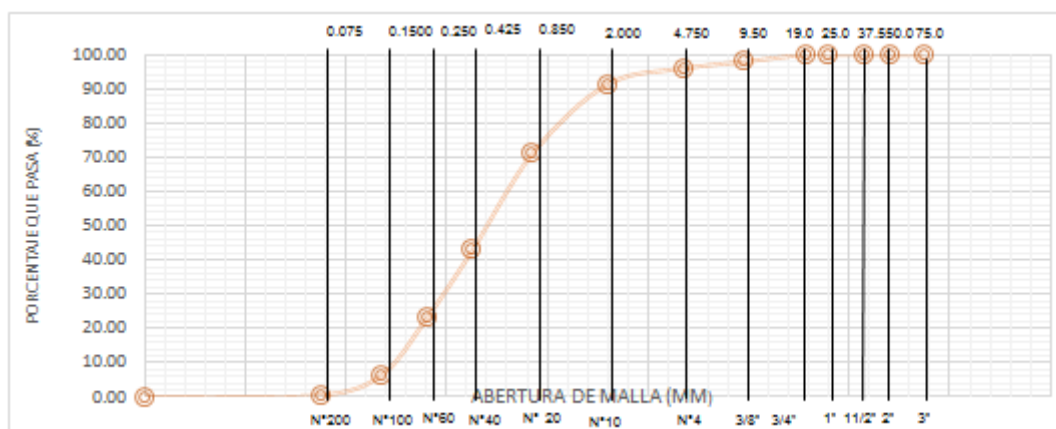
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: CONDOMINIO OASIS
 Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 Elaborado por: CHALCO CHÁVEZ PERCY OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: ABRIL DEL 2019
 Muestra: C- 6; E-1
 Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
 Profundidad: 0.00 a 1.30 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	ASTM D422 - D2216 - D2487 / AASHTO T87				LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129
	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	
	75.000	3"	0.00	100.00	
	50.000	2	0.00	100.00	
	37.500	1½	0.00	100.00	
	25.000	1	0.00	100.00	
	19.000	¾	0.00	100.00	
	9.500	¾	20.90	97.91	
	4.750	N° 4	19.50	95.96	
	2.000	N° 10	45.90	91.37	
	0.850	N° 20	200.20	71.35	
	0.425	N° 40	284.20	42.93	
	0.250	N° 60	201.70	22.76	
0.150	N° 100	164.20	6.34		
0.075	N° 200	58.60	0.48		
0.000	< 200	4.80	0.00		
D10 (mm)		0.17	Cu	3.95	
D30 (mm)		0.31	Cc	0.83	
D60 (mm)		0.68	I.G.	-	

Contenido de humedad (%):	7.60
Límite Líquido (LL):	0.0
Límite Plástico (LP):	NP
Índice Plástico (IP):	NP
Clasificación (SUCS):	SP
Descripción:	Arena Pobremente Graduada
Clasificación (AASHTO):	A1-b(0)

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS



Tamaño de las mallas U. S. Standard

ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

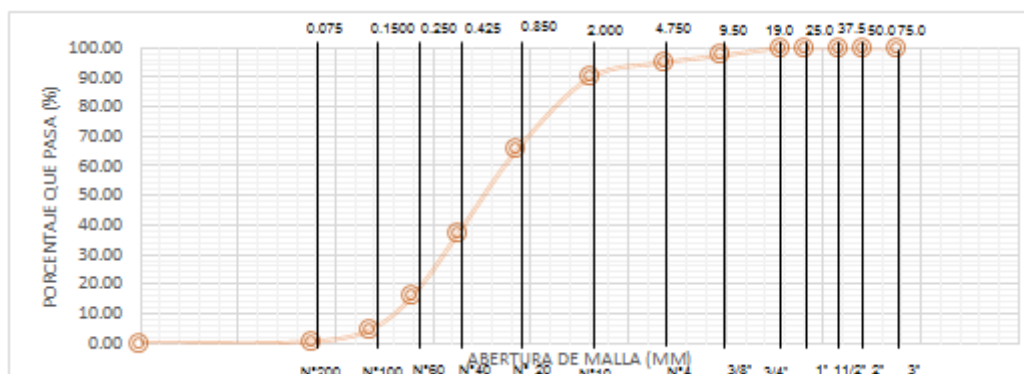
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: **CONDOMINIO OASIS**
 Ubicación: **BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA**
 Elaborado por: **CHALCO CHAVEZ PERCY OLIVOS GARCIA CLAUDIA.**
 Fecha: **ABRIL DEL 2019**
 Muestra: **C- 7; E-1**
 Peso Total de la Muestra: **500.00 gr.**
 Profundidad: **0.00 a 1.40 m**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad (%): 9.40
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
	19.000	¾	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	¾	26.20	97.38		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	Nº 4	24.20	94.96		Clasificación (AASHTO): AT-B(0)
	2.000	Nº 10	51.00	89.86		
	0.850	Nº 20	242.20	65.64		
	0.425	Nº 40	283.70	37.27		
	0.250	Nº 60	208.60	16.41		
	0.150	Nº 100	118.10	4.60		
	0.075	Nº 200	39.80	0.62		
	0.000	< 200	6.20	0.00		
D10 (mm)		0.20	Cu	3.91		
D30 (mm)		0.36	Cc	0.88		
D60 (mm)		0.77	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO
ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

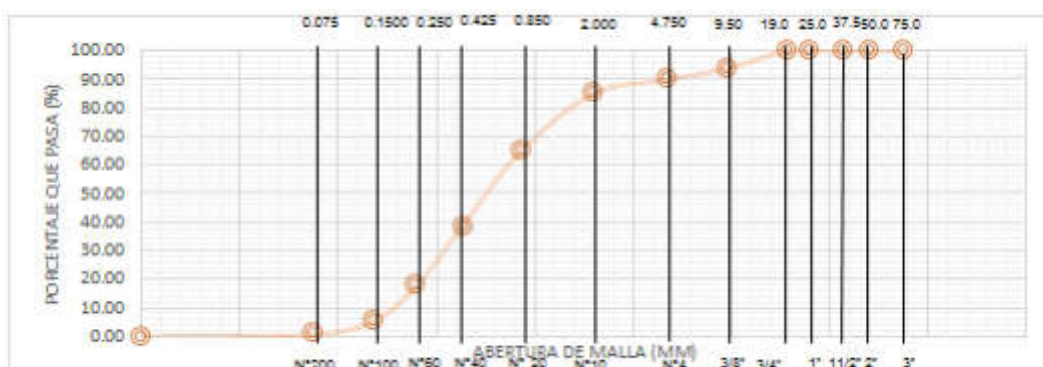
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: **CONDOMINIO OASIS**
 Ubicación: **BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA**
 Elaborado por: **CHALCO CHAVEZ PERCY**
OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: **ABRIL DEL 2019**
 Muestra: **C- 8; E-1**
 Peso Total de la Muestra: **500.00 gr.**
 Profundidad: **0.00 a 1.30 m**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad(%): 6.70
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
	19.000	3/4	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	3/8	61.50	93.85		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	Nº 4	39.20	89.93		Clasificación (AASH TO): A1-B(0)
	2.000	Nº 10	48.20	85.11		
	0.850	Nº 20	201.20	64.99		
	0.425	Nº 40	265.40	38.45		
	0.250	Nº 60	207.20	17.73		
	0.150	Nº 100	126.30	5.10		
	0.075	Nº 200	43.40	0.76		
	0.000	< 200	7.60	0.00		
D10 (mm)		0.19	Cu	4.08		
D30 (mm)		0.35	Cc	0.86		
D60 (mm)		0.77	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEU

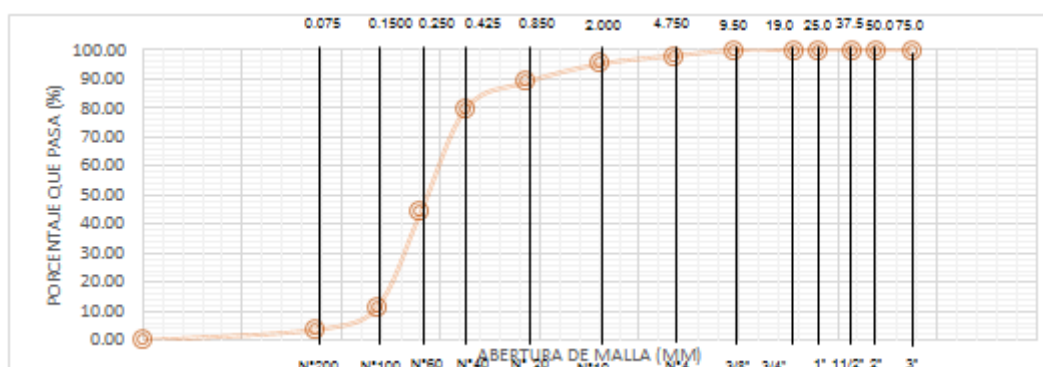
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: **CONDOMINIO OASIS**
 Ubicación: **BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA**
 Elaborado por: **CHALCO CHAVEZ PERCY**
OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: **ABRIL DEL 2019**
 Muestra: **C- 9; E-1**
 Peso Total de la Muestra: **500.00 gr.**
 Profundidad: **0.00 a 1.30 m**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMAÑO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad(%): 8.10
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
	19.000	3/4	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	3/8	0.00	100.00		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	N° 4	19.10	98.09		Clasificación (AASHTO): A1-b(0)
	2.000	N° 10	28.20	95.27		
	0.850	N° 20	63.10	88.96		
	0.425	N° 40	88.90	80.07		
	0.250	N° 60	360.50	44.02		
	0.150	N° 100	328.40	11.18		
	0.075	N° 200	73.80	3.80		
0.000	< 200	38.00	0.00			
D10 (mm)		0.14	Cu	2.37		
D30 (mm)		0.21	Cc	0.95		
D60 (mm)		0.33	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

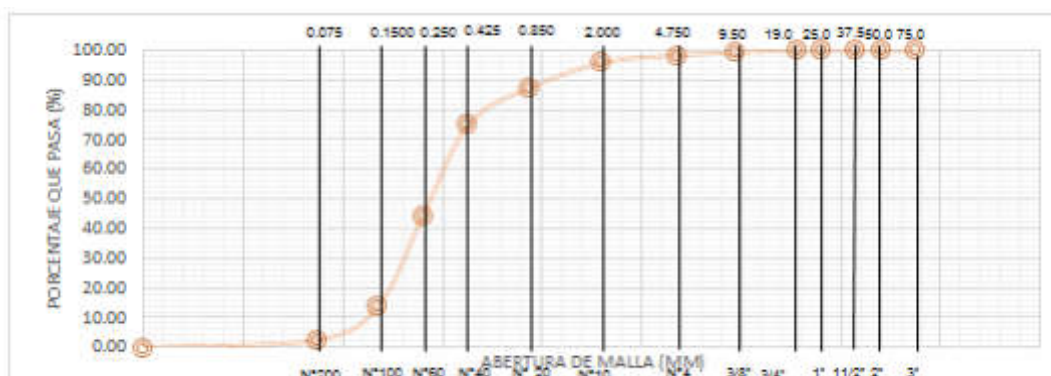
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: CONDOMINIO OASIS
Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
Elaborado por: CHALCO CHAVEZ PERCY
 OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
Fecha: ABRIL DEL 2019
Muestra: C- 10; E-1
Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
Profundidad: 0.00 a 1.70 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad(%): 9.2
	50.000	2	0.00	100.00		Límite Líquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Límite Plástico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Índice Plástico (IP): NP
						Clasificación (SUCS): SP
	19.000	¾	0.00	100.00		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	9.500	¾	7.90	99.21		Clasificación (AASHTO): A1-B(0)
	4.750	Nº 4	8.90	98.32		
	2.000	Nº 10	25.00	95.82		
	0.850	Nº 20	86.80	87.14		
	0.425	Nº 40	121.30	75.01		
	0.250	Nº 60	311.70	43.84		
0.150	Nº 100	300.00	13.84			
0.075	Nº 200	112.50	2.59			
0.000	< 200	25.90	0.00			
D10 (mm)	0.12	Cu	2.74			
D30 (mm)	0.20	Cc	0.98			
D60 (mm)	0.34	I.G.	-			

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

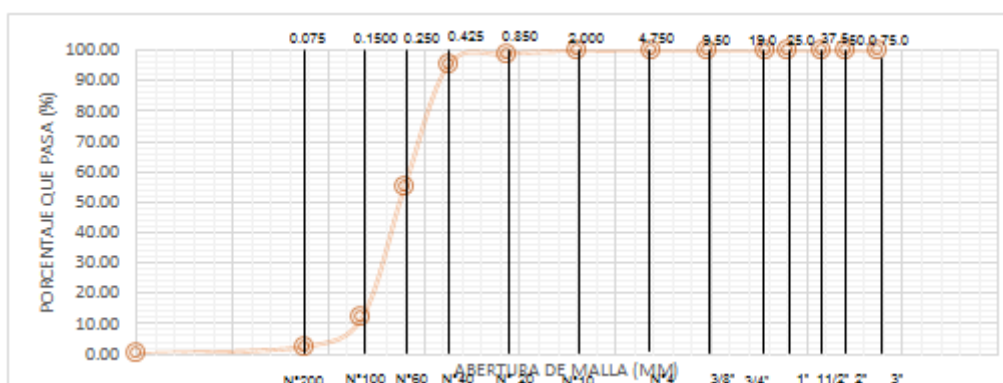
Proyecto: CONDOMINIO OASIS
 Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 Elaborado por: CHALCO CHAVEZ PERCY
 OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: ABRIL DEL 2019
 Muestra: C- 11; E-1
 Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
 Profundidad: 0.00 a 1.40 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	ASTM D422 - D2216 - D2487 / AASHTO T87				LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129
	TAMAÑO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	
	75.000	3"	0.00	100.00	
	50.000	2	0.00	100.00	
	37.500	1½	0.00	100.00	
	25.000	1	0.00	100.00	
	19.000	¾	0.00	100.00	
	9.500	¾	0.00	100.00	
	4.750	Nº 4	0.00	100.00	
	2.000	Nº 10	0.00	100.00	
	0.850	Nº 20	10.90	98.91	
	0.425	Nº 40	33.70	95.54	
	0.250	Nº 60	401.20	55.42	
	0.150	Nº 100	432.10	12.21	
	0.075	Nº 200	97.20	2.49	
0.000	< 200	24.90	0.00		
D10 (mm)		0.13	Cu	2.03	
D30 (mm)		0.19	Cc	1.02	
D60 (mm)		0.27	I.G.	-	

Contenido de humedad(%):	9.5
Límite Líquido (LL):	0.0
Límite Plástico (LP):	NP
Índice Plástico (IP):	NP
Clasificación (SUCS):	SP
Descripción:	Arena Pobremente Graduada
Clasificación (AASHTO):	AZ-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



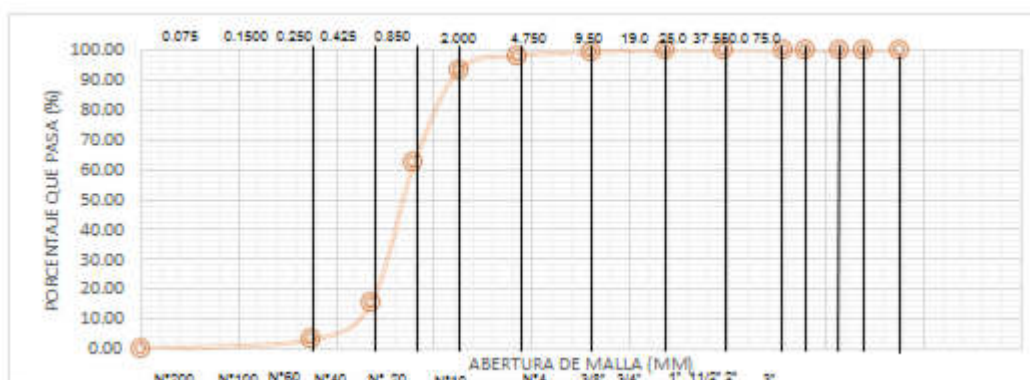
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA - PEÚ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: **CONDOMINIO OASIS**
 Ubicación: **BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA**
 Elaborado por: **CHALCO CHAVEZ PERCY OLIVOS GARCIA CLAUDIA.**
 Fecha: **ABRIL DEL 2019**
 Muestra: **C- 12; E-1**
 Peso Total de la Muestra: **500.00 gr.**
 Profundidad: **0.00 a 1.40 m**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad (%): 9.10
	50.000	2	0.00	100.00		Limite Liquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Limite Plastico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Indice Plastico (IP): NP
	19.000	¾	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	¾	0.00	100.00		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	Nº 4	0.00	100.00		Clasificación (AASHTO): AZ-4(U)
	2.000	Nº 10	6.40	99.36		
	0.850	Nº 20	12.00	98.16		
	0.425	Nº 40	46.40	93.52		
	0.250	Nº 60	310.00	62.52		
	0.150	Nº 100	471.10	15.41		
	0.075	Nº 200	122.20	3.19		
	0.000	< 200	31.90	0.00		
D10 (mm)		0.12	Cu	2.09		
D30 (mm)		0.18	Cc	1.15		
D60 (mm)		0.24	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

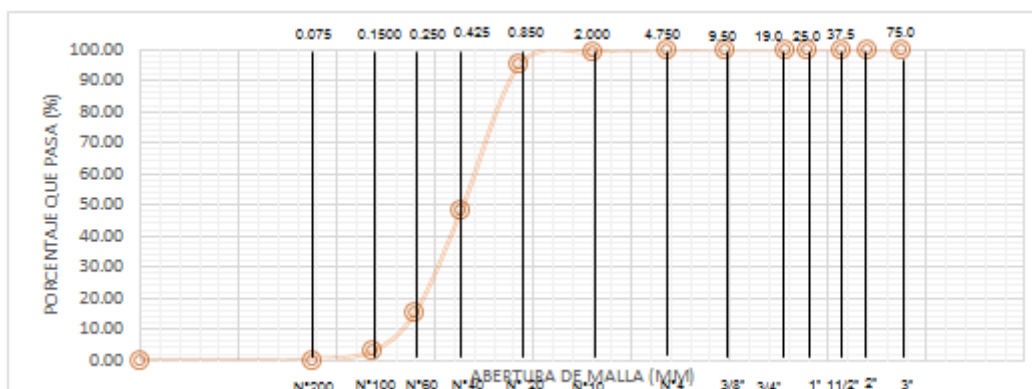
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: CONDOMINIO OASIS
 Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
 Elaborado por: CHALCO CHAVEZ PERCY OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
 Fecha: ABRIL DEL 2019
 Muestra: C- 13; E-1
 Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
 Profundidad: 0.00 a 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMAÑO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad(%): 7.60
	50.000	2	0.00	100.00		Limite Liquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Limite Plastico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Indice Plastico (IP): NP
						Clasificación (SUCS): SP
	19.000	3/4	0.00	100.00		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	9.500	3/8	0.00	100.00		Clasificación (AASHTO): A2-4(U)
	4.750	Nº 4	0.00	100.00		
	2.000	Nº 10	6.70	99.33		
	0.850	Nº 20	42.50	95.08		
	0.425	Nº 40	473.40	47.74		
	0.250	Nº 60	322.90	15.45		
	0.150	Nº 100	125.90	2.86		
0.075	Nº 200	25.80	0.28			
0.000	< 200	2.80	0.00			
D10 (mm)		0.21	Cu	2.59		
D30 (mm)		0.33	Cc	0.98		
D60 (mm)		0.54	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

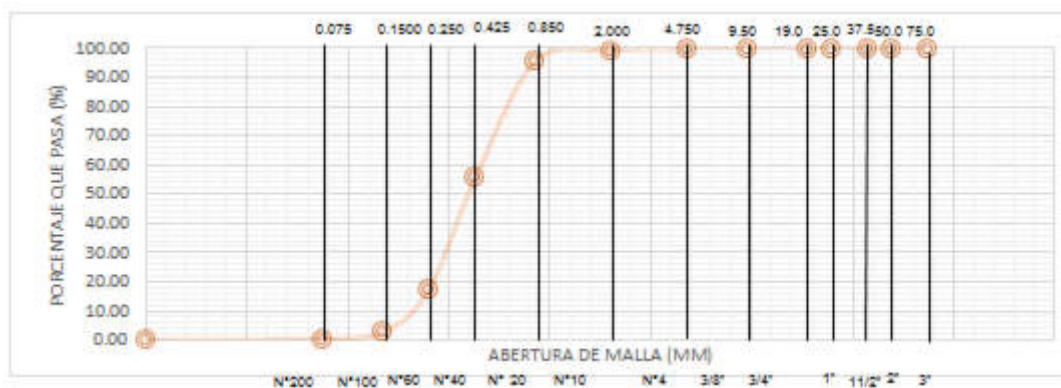
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Proyecto: **CONDOMINIO OASIS**
 Ubicación: **BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA**
 Elaborado por: **CHALCO CHAVEZ PERCY OLIVOS GARCIA CLAUDIA.**
 Fecha: **ABRIL DEL 2019**
 Muestra: **C- 14; E-1**
 Peso Total de la Muestra: **500.00 gr.**
 Profundidad: **0.00 a 1.30 m**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO - NTP 339.129	
	75.000	3"	0.00	100.00		Contenido de humedad (%): 8.20
	50.000	2	0.00	100.00		Limite Liquido (LL): 0.0
	37.500	1½	0.00	100.00		Limite Plastico (LP): NP
	25.000	1	0.00	100.00		Indice Plastico (IP): NP
	19.000	3/4	0.00	100.00		Clasificación (SUCS): SP
	9.500	3/8	0.00	100.00		Descripción: Arena Pobremente Graduada
	4.750	Nº 4	0.00	100.00		Clasificación (AASHTO): AZ-4(U)
	2.000	Nº 10	6.80	99.32		
	0.850	Nº 20	35.70	95.75		
	0.425	Nº 40	403.00	55.45		
	0.250	Nº 60	383.10	17.14		
	0.150	Nº 100	142.90	2.85		
	0.075	Nº 200	24.90	0.36		
	0.000	< 200	3.60	0.00		
D10 (mm)		0.11	Cu	2.40		
D30 (mm)		0.18	Cc	1.11		
D60 (mm)		0.27	I.G.	-		

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 4



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN SUELO ARENOSO EN PROYECTO CONDOMINIO OASIS DISTRITO DE PARACAS – PISCO – ICA – PEÚ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

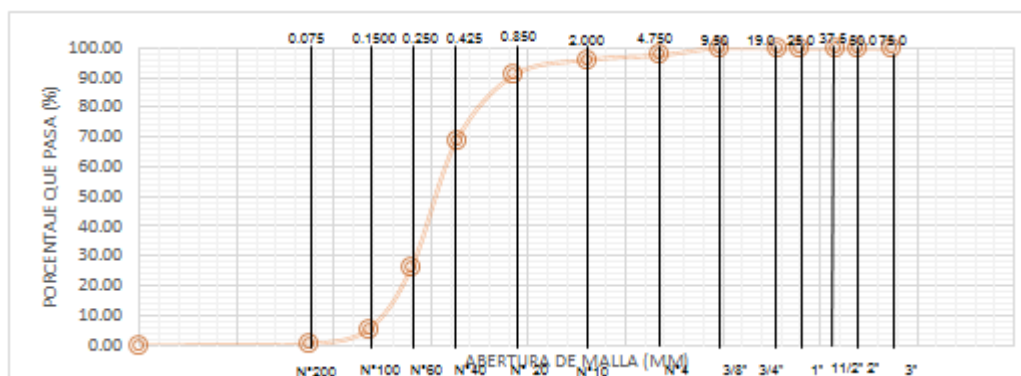
Proyecto: CONDOMINIO OASIS
Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA
Elaborado por: CHALCO CHAVEZ PERCY
 OLIVOS GARCIA CLAUDIA.
Fecha: ABRIL DEL 2019
Muestra: C- 15; E-1
Peso Total de la Muestra: 500.00 gr.
Profundidad: 0.00 a 1.90 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 339.128	ASTM D422 - D2216 - D2487 / AASHTO T87				LÍMITE LIQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO - NTP 339.129
	TAMANO MALLA	TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% QUE PASA	
	75.000	3"	0.00	100.00	
	50.000	2	0.00	100.00	
	37.500	1½	0.00	100.00	
	25.000	1	0.00	100.00	
	19.000	¾	0.00	100.00	
	9.500	¾	0.00	100.00	
	4.750	N° 4	24.30	97.57	
	2.000	N° 10	15.60	96.01	
	0.850	N° 20	49.30	91.08	
	0.425	N° 40	222.50	68.83	
	0.250	N° 60	425.20	26.31	
	0.150	N° 100	210.00	5.31	
	0.075	N° 200	49.60	0.35	
0.000	< 200	3.50	0.00		
D10 (mm)		0.17	Cu	2.26	
D30 (mm)		0.27	Cc	1.05	
D60 (mm)		0.39	I.G.	-	

Contenido de humedad(%):	7.50
Límite Líquido (LL):	0.0
Límite Plástico (LP):	NP
Índice Plástico (IP):	NP
Clasificación (SUCS):	SP
Descripción:	Arena Pobremente Graduada
Clasificación (AASHTO):	AZ-4(U)

REPRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS

Tamaño de las mallas U. S. Standard



ANEXO 5

DENSIDAD IN SITU:

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

(ASTM D1556)

Proyecto: CONDOMINIO OASIS

Ubicación: BAHIA PARACAS - PARACAS - PISCO - ICA

Elaborado por: CHALCO CHÁVEZ PERCY / OLIVOS GARCIA CLAUDIA.

Fecha: ABRIL DEL 2019

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
PROFUNDIDAD	0.60	0.80	0.90	0.70	0.80
Calicata	C-13	C-14	C-06	C-02	C-04
Lado	E-1	E-1	E-1	E-1	E-1
1. Peso de la lata + suelo humedo	3369.50	3615.00	4164.00	3625.00	3895.00
2. Peso de la lata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3. Peso del suelo humedo (1 - 2)	3369.50	3615.00	4164.00	3625.00	3895.00
4. Peso de arena + frasco	6105.00	6084.00	5995.00	5987.00	5964.00
5. Peso de la arena que queda + el frasco + el peso de arena embudo	1488.00 1564.00	1524.00 1564.00	1398.00 1564.00	1365.00 1564.00	1354.00 1564.00
6. Peso del arena empleada (4 - 5)	3053.00	2996.00	3033.00	3058.00	3046.00
7. Densidad de la arena	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
8. Volumen del hueco (6/7)	2062.84	2024.32	2049.32	2066.22	2058.11
9. Peso de la grava al aire	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10. Volumen de la grava por desplaz.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11. Peso del suelo (3 - 9)	3369.50	3615.00	4164.00	3625.00	3895.00
12. Volumen del, suelo (8 - 10)	2062.84	2024.32	2049.32	2066.22	2058.11
13. Densidad del suelo humedo(11/12)	1.63	1.79	2.03	1.75	1.89
14. Humedad contenida en el suelo	7.20	7.95	7.63	9.54	7.28
15. Densidad del suelo seco	1.52	1.65	1.89	1.60	1.76
16. Densidad del suelo seco g/cm3	1.52	1.65	1.89	1.60	1.76

ANEXO 6

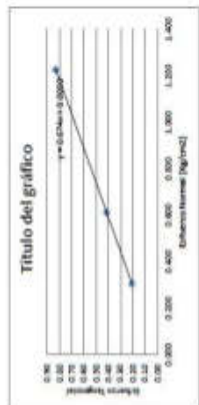
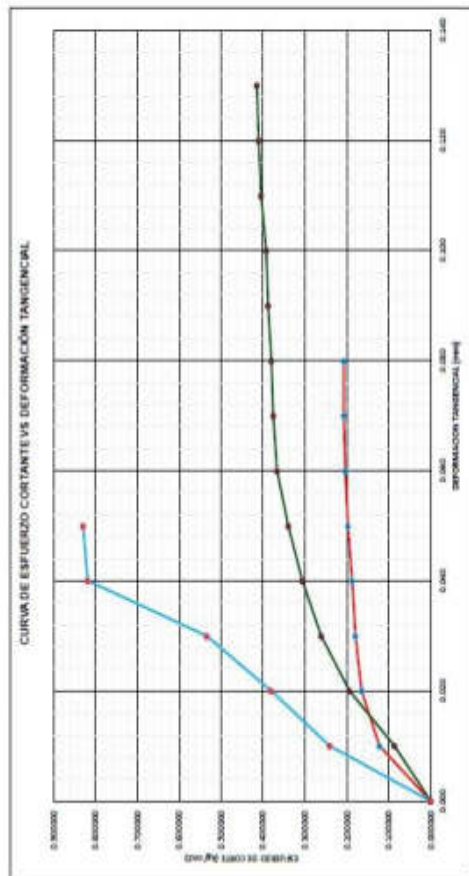
ENSAYO DE CORTE DIRECTO


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
LABORATORIO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3088
ASESOR: FANJO BIRANDA, GONZALO R.

PROYECTO: Condominio Oasis
ELABORADO: Chalon Chaves, Percy L.
UBICACIÓN: Paracas, Pisco... Ica

T.M.N	D.H cm	L.t cm	Area Cortada AC=π.Lt (cm²)	F.C.		F.C.		F.C.		e3 S.O (mm)	e2 S.O (mm)	e1 S.O (mm)	PESO Kg/cm²	PESO Kg/cm²	PESO Kg/cm²	PESO Kg/cm²	PESO Kg/cm²	PESO Kg/cm²	
				Ks	Ks	Ks	Ks	Ks	Ks										Ks
0.05	0.020	5.880	35.880	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
0.15	0.018	5.970	35.820	4.41	4.406	0.125004	0.125004	3.109	3.109	8.631	8.631	8.631	0.240647	0.240647	0.240647	0.240647	0.240647	0.240647	
0.20	0.020	5.880	35.790	3.80	5.898	0.164877	0.164877	6.939	6.939	13.641	13.641	13.641	0.311452	0.311452	0.311452	0.311452	0.311452	0.311452	
0.30	0.020	5.900	35.700	6.43	6.420	0.190000	0.190000	9.339	9.339	19.071	19.071	19.071	0.534104	0.534104	0.534104	0.534104	0.534104	0.534104	
0.40	0.040	5.840	35.640	6.68	6.668	0.187027	0.187027	10.918	10.918	24.17	24.17	24.17	0.616483	0.616483	0.616483	0.616483	0.616483	0.616483	
0.50	0.050	5.938	35.580	7.33	7.328	0.187470	0.187470	12.888	12.888	29.52	29.52	29.52	0.820700	0.820700	0.820700	0.820700	0.820700	0.820700	
0.60	0.060	5.920	35.520	7.24	7.236	0.203716	0.203716	13.931	13.931	35.00	35.00	35.00	0.960256	0.960256	0.960256	0.960256	0.960256	0.960256	
0.70	0.070	5.910	35.440	8.87	7.368	0.207727	0.207727	13.881	13.309	37.538	37.538	37.538	0.375338	0.375338	0.375338	0.375338	0.375338	0.375338	
0.80	0.080	5.900	35.400	7.36	7.356	0.207797	0.207797	13.48	13.48	39.9211	39.9211	39.9211	0.399211	0.399211	0.399211	0.399211	0.399211	0.399211	
0.90	0.090	5.890	35.340					13.72	13.72	39.88214	39.88214	39.88214	0.3988214	0.3988214	0.3988214	0.3988214	0.3988214	0.3988214	
1.00	0.100	5.880	35.280					13.88	13.88	39.2278	39.2278	39.2278	0.392278	0.392278	0.392278	0.392278	0.392278	0.392278	
1.10	0.110	5.870	35.220					14.28	14.28	40.4809	40.4809	40.4809	0.404809	0.404809	0.404809	0.404809	0.404809	0.404809	
1.20	0.120	5.860	35.160					14.43	14.43	41.0295	41.0295	41.0295	0.410295	0.410295	0.410295	0.410295	0.410295	0.410295	
1.30	0.130	5.850	35.100					14.54	14.54	41.4600	41.4600	41.4600	0.414600	0.414600	0.414600	0.414600	0.414600	0.414600	
1.40	0.140	5.840	35.040																
1.50	0.150	5.830	34.980																
1.60	0.160	5.820	34.920																
1.70	0.170	5.810	34.860																
1.80	0.180	5.800	34.800																
1.90	0.190	5.790	34.740																



Ángulo de fricción interna: 33.5°
Cohesión: 0.00003 kg/cm² = 0.00

ANEXO 7



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS
ICA PERU

INFORME DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS Y AGREGADOS

Análisis Solicitado Por: Percy Chalco Chávez y Claudia Olivos García
Proyecto: "Condominio Oassis"
Ubicación: **Bahia Paracas Distrito:** Paracas **Provincia:** Pisco
Departamento: Pisco
Muestra: C - 1 E - 1
Fecha de Ensayo: 04 - 2019 **Fecha de Entrega:** 03-04-2019
Muestra tomada por: El Solicitante

PARAMETROS RESULTADOS

PARAMETROS	Reporte en p.p.m.	Reporte en %p/p	Método
pH 7,2			Conductimetro
Cloruros (Cl ⁻)	345,17	0,0345	V. Precipitación
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	100,00	0,0100	G. Precipitación
Sales Solubles	587,32	0,0287	G. Volatilización
Carbonatos CaCO ₃	110,00	0,0100	V. Neutralización

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS
Percy Chalco y Claudia Olivos
Responsables de Análisis de Suelos, Agregados y Agua

ANEXO 7




UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS
ICA PERU

INFORME DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS Y AGREGADOS

Análisis Solicitado Por: Percy Chalco Chávez y Claudia Olivos Garcia
Proyecto: "Condominio Oasis"
Ubicación: Bahía Paracas **Distrito:** Paracas **Provincia:** Pisco
Departamento: Pisco
Muestra: C - 5 E - 1
Fecha de Ensayo: 04 - 2019 **Fecha de Entrega:** 03-04-2019
Muestra tomada por: El Solicitante

PARAMETROS RESULTADOS

PARAMETROS	Reporte en p.p.m.	Reporte en %p/p	Método
pH 7,2			Conductímetro
Cloruros (Cl ⁻)	748,52	0,0748	V. Precipitación
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	80,00	0,0080	G. Precipitación
Sales Solubles	1.137,86	0,1137	G. Volatilización
Carbonatos CaCO ₃	80,00	0,0080	V. Neutralización


UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS
Q.F. Juan P. Andrés Méndez
Responsable de Análisis de Suelos Agrícolas y Fitos

ANEXO 7




UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS
ICA PERU

INFORME DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS Y AGREGADOS

Análisis Solicitado Por: Percy Chalco Chávez y Claudia Olivos Garcia
Proyecto: "Condominio Oassis"
Ubicación: Bahía Paracas **Distrito:** Paracas **Provincia:** Pisco
Departamento: Pisco
Muestra: C - 7 E - 1
Fecha de Ensayo: 04 - 2019 **Fecha de Entrega:** 03-04-2019
Muestra tomada por: El Solicitante

PARAMETROS RESULTADOS

PARAMETROS	Reporte en p.p.m.	Reporte en %p/p	Método
pH 7,2			Conductímetro
Cloruros (Cl ⁻)	692,65	0,0692	V. Precipitación
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	110,00	0,0110	G. Precipitación
Sales Solubles	991,37	0,0991	G. Volatilización
Carbonatos CaCO ₃	150,00	0,0150	V. Neutralización


Q.F. Juan P. Veroza
Ingeniero de Análisis de Suelos, Aguas y Aire

ANEXO 7



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS
ICA PERU

INFORME DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS Y AGREGADOS

Análisis Solicitado Por: Percy Chalco Chávez y Claudia Olivos García
Proyecto: "Condominio Oassis"
Ubicación: **Bahía Paracas** **Distrito:** Paracas **Provincia:** Pisco
Departamento: Pisco
Muestra: C - 13 E - 1
Fecha de Ensayo: 04 - 2019 **Fecha de Entrega:** 03-04-2019
Muestra tomada por: El Solicitante

PARAMETROS RESULTADOS

PARAMETROS	Reporte en p.p.m.	Reporte en %p/p	Método
pH 7,2			Conductimetro
Cloruros (Cl ⁻)	1.527,58	0,1527	V. Precipitación
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	120,00	0,0120	G. Precipitación
Sales Solubles	1.809,30	0,1809	G. Volatilización
Carbonatos CaCO ₃	150,00	0,0150	V. Neutralización



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS
O.F. Juan P. Argandoña Alencón
Responsable de Análisis de Suelos, Agregados y Agua

