

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ZONIFICACIÓN DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES
SUPERFICIALES EN EL SECTOR CHOC CHOC, DISTRITO DE MOCHE,
TRUJILLO, LA LIBERTAD**

Línea de Investigación
Geología y Geotecnia

Autor:
Br. Fernández Polo Jordan Bruno

Jurado Evaluador:
Presidente: Dr. Luján Silva Enrique
Secretario: Ing. Medina Carbajal Lucio
Vocal: Ing. Galicia Guarniz William

Asesor:
Ms. Henríquez Ulloa Juan Paul E.
Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3357-2315>

TRUJILLO – PERÚ
2022

Fecha de sustentación: 2022/12/26

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ZONIFICACIÓN DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES
SUPERFICIALES EN EL SECTOR CHOC CHOC, DISTRITO DE MOCHE,
TRUJILLO, LA LIBERTAD.**

Línea de Investigación
Geología y Geotecnia

Autor:

Br. Fernández Polo Jordan Bruno

Jurado Evaluador:

Presidente: Dr. Luján Silva Enrique

Secretario: Ing. Medina Carbajal Lucio

Vocal: Ing. Galicia Guarniz William

Asesor:

Ms. Henríquez Ulloa Juan Paul E.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3357-2315>

TRUJILLO – PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 2022/12/26

Título: “ZONIFICACIÓN DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL SECTOR CHOC CHOC, DISTRITO DE MOCHE, TRUJILLO, LA LIBERTAD”.

Autor:

Br. FERNÁNDEZ POLO JORDAN BRUNO

APROBADO POR:

Dr. Enrique Francisco Luján Silva
PRESIDENTE
N° CIP 54460

Ms. Lucio Medina Carbajal
SECRETARIO
N° CIP 76695

Ms. William Galicia Guarniz
VOCAL
N° CIP 96091

Ms. Juan Paul E. Henríquez Ulloa
ASESOR
N° CIP 118101

DEDICATORIA

La presente investigación la dedico en primer lugar a Dios por estar a mi lado en cada decisión que tomo, por haberme dado una hermosa familia y permitir, mediante su bendición, llegar a este momento tan importante.

A mi madre Adriana y mi padre Juan Carlos que siempre dedicaron su vida para poder cumplir mis metas académicas, me llenaron de confianza y amor; muchos de mis logros se los debo a ustedes.

A mi amigo Juan Paul E. Henríquez Ulloa le dedico este logro por haberme brindado su amistad y apoyo incondicional, sus consejos y enseñanzas para materializar esta tesis.

A todos les agradezco, pues es a ustedes a quienes dedico este logro. Son y serán muy importantes en mi vida y mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por llenarme de bendiciones y darme la fortaleza para afrontar todas las dificultades que se han atravesado en el camino.

A mis padres y hermanos, por su apoyo y aliento para poder alcanzar esta meta tan importante en mi vida profesional.

Al Ms. Juan Paul E. Henríquez Ulloa, por ser mi asesor, maestro y amigo. Gracias por tu tiempo, paciencia, consejos y enseñanzas durante todo el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Enrique Luján, por haberme brindado su confianza y ser pieza clave en mi vida profesional.

A los miembros del jurado, por su valioso criterio en la evaluación de esta investigación.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es realizar una zonificación de los tipos de suelos para el diseño de las cimentaciones superficiales en el Sector III del distrito de Moche, Trujillo, La Libertad; a partir de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

La investigación que se ha desarrollado es de tipo aplicada y transversal, con diseño descriptivo, ejecutada en el sector de Choc Choc del distrito de Moche.

Se llevo a cabo en tres fases: trabajo de campo, laboratorio y gabinete; realizando 6 calicatas a cielo abierto y 3 Ensayos de Auscultación Dinámico Ligero (DPL) según la Norma E.050-Suelos y Cimentaciones, distribuidas estratégicamente en toda el área.

Con base en la caracterización de los suelos, se ha elaborado los respectivos perfiles estratigráficos de los puntos de exploración; así como mapeos geotécnicos según la tipología de los suelos de la zona de estudio a diferentes niveles de profundidad, lo cual permite tener un reflejo fidedigno de la composición del suelo.

Se obtuvo la capacidad portante del suelo, concluyendo en múltiples propuestas de diseño de cimentación según los diversos tipos de estructuras posibles de acuerdo a los resultados de sus propiedades geotécnicas.

Palabras clave: Diseño de cimentación, capacidad admisible, zonificación geotécnica, capacidad portante, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The objective of this study is to perform a zoning of soil types for the design of shallow foundations in Sector III of the district of Moche, Trujillo, La Libertad, based on the physical and mechanical properties of the soil.

The research that has been developed is applied and transversal, with descriptive design, executed in the Choc Choc sector of the Moche district.

It was carried out in three phases: field, laboratory and office work; performing 6 open pits and 3 Dynamic Probing Light (DPL) Tests according to the E.050-Soils and Foundations Standard, strategically distributed throughout the area.

Based on the characterization of the soils, the respective stratigraphic profiles of the exploration points have been prepared, as well as geotechnical mappings according to the soil typology of the study area at different depth levels, which allows us to have a reliable reflection of the soil composition.

The bearing capacity of the soil was obtained, concluding in multiple foundation design proposals according to the different types of possible structures according to the results of their geotechnical properties.

Keywords: Foundation design, allowable capacity, geotechnical zoning, bearing capacity, physical properties, mechanical properties.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el informe final del trabajo de investigación titulado **“ZONIFICACIÓN DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL SECTOR CHOC CHOC, DISTRITO DE MOCHE, TRUJILLO, LA LIBERTAD”**, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Br. Fernández Polo Jordan Bruno.

Trujillo, 26 de diciembre del 2022.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Justificación del estudio	3
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. Antecedentes del estudio	4
2.2. Marco teórico	7
2.2.1. Topografía y su implicancia en los estudios geotécnicos	7
2.2.2. Suelos.....	7
2.2.2.1. Origen y formación.....	7
2.2.2.2. Tipos de formación de suelos en Trujillo	8
2.2.3. Definición de Suelo.....	9
2.2.4. Evaluación del comportamiento del suelo	11
2.2.5. Propiedades del suelo	12
2.2.6. Zonificaciones geotécnicas.....	16
2.2.7. Cimentaciones	16
2.2.7.1. Criterios de falla	17
2.2.7.2. Cimentaciones superficiales.....	19
2.2.7.3. Criterios de determinación de capacidad de carga	19
2.2.8. Asentamientos.....	24
2.2.8.1. Asentamientos por consolidación.....	25
2.2.8.2. Sedimentación de suelos	25

2.2.8.3. Asentamientos elásticos	27
2.3. Marco conceptual	28
2.4. Sistema de hipótesis	29
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	31
3.1. Tipo y nivel de investigación	31
3.2. Población y muestra.....	31
3.3. Diseño de investigación	31
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación.....	31
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	31
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	47
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definiciones del tamaño de las partículas.....	10
Tabla 2: Técnicas de exploración.....	12
Tabla 3: Prefijos para suelos granulares.....	14
Tabla 4: Sufijos para suelos granulares.....	14
Tabla 5: Prefijos para suelos finos.....	14
Tabla 6: Sufijos para suelos finos.....	15
Tabla 7: Factores de profundidad.....	22
Tabla 8: Tipos de asentamiento según clases de suelos.....	25
Tabla 9: Cuadro de operacionalización de variables.....	30
Tabla 10: Cuadro resumen de las propiedades físicas de la zona de estudio	33
Tabla 11: Correlación DPL a SPT de la auscultación A-1	34
Tabla 12: Correlación DPL a SPT de la auscultación A-2	37
Tabla 13: Correlación DPL a SPT de la auscultación A-3	40
Tabla 14: Cuadro resumen de densidad relativa	43
Tabla 15: Cuadro resumen de ángulo de fricción.....	43
Tabla 16: Cuadro resumen de diseño de cimentaciones cuadradas.....	44
Tabla 17: Cuadro resumen de diseño de cimentaciones corridas.....	44
Tabla 18: Cuadro resumen asentamiento elástico y rígido en cimentaciones cuadradas ...	45
Tabla 19: Cuadro resumen asentamiento elástico y rígido en cimentaciones corridas.....	45
Tabla 20: Cuadro resumen de asentamientos diferenciales en cimentaciones cuadradas .	46
Tabla 21: Cuadro resumen de asentamientos diferenciales en cimentaciones cuadradas .	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Profundidad de Cimentación (D_f) en Zapatas Superficiales.....	11
Figura 2: Carta de Plasticidad	15
Figura 3: Naturaleza de la falla de la capacidad de carga en un suelo.	17
Figura 4: Naturaleza de la falla de la capacidad de carga en un suelo	18
Figura 5: Naturaleza de la falla de la capacidad de carga en un suelo	18
Figura 6: Falla de la capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación continua rígida en grava	20
Figura 7: Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga para el nivel freático.	23
Figura 8: Gráfica de Profundidad vs N_{dpl} de la auscultación A-1.....	35
Figura 9: Gráfica de Profundidad vs N_{60} de la auscultación A-1	36
Figura 10: Gráfica de Profundidad vs N_{dpl} de la auscultación A-2	38
Figura 11: Gráfica de Profundidad vs N_{60} de la auscultación A-2	39
Figura 12: Gráfica de Profundidad vs N_{dpl} de la auscultación A-3	41
Figura 13: Gráfica de Profundidad vs N_{60} de la auscultación A-3	42

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

El suelo cuenta con diversas definiciones, de manera tradicional, el suelo se define como el conjunto de partículas (de diferente tamaño y forma) y materia orgánica con presencia de líquido y aire, formadas por diversos agentes. Según Terzaghi y Peck (1967) definieron como suelo a “Todo agregado natural de partículas minerales separables por medios mecánicos de poca intensidad.” En el mundo existen distintos tipos de suelos, a lo largo de los años estos se han ido formando por diversos procesos (meteorización, compactación, sedimentación, etc.) que han creado diversificación en sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

El suelo tiene un rol fundamental en el desarrollo de la humanidad, jugando un papel esencial e indispensable en diferentes áreas (construcción, minería, agricultura, etc.) para las que se requiere su uso. “El término suelo puede tener diferentes matices de significados dependiendo del contexto en que se use. Para el ingeniero, el concepto de suelo está relacionado con la obra que puede hacer sobre él, con él o en él” (Whitlow, 1994 p.01); en el ámbito de ingeniería, el suelo está presente en el inicio y desarrollo de todo proceso constructivo, desde pequeñas obras hasta proyectos de gran envergadura.

Las propiedades físicas y mecánicas del suelo influyen de manera considerable en todo proceso constructivo, por este motivo es necesario realizar un estudio geotécnico antes de realizar cualquier proyecto de ingeniería. “La ingeniería geotécnica es la rama de la ingeniería civil que trata del estudio y la solución de los problemas relacionados con el comportamiento de suelos y rocas.” (Díaz, 2014, p.17). Con un correcto estudio podremos obtener las características necesarias para llevar a cabo un objetivo específico sobre dicho suelo.

El estudio geotécnico nos permite conocer la capacidad portante de un suelo, para con esto poder realizar un correcto diseño de cimentaciones para diferentes tipos edificaciones:

“El diseño de cimentaciones de estructuras requiere el conocimiento de factores como: la carga que será transmitida por la superestructura a la cimentación, los requisitos del reglamento de construcción, el comportamiento y la deformabilidad asociada al esfuerzo de los suelos y las condiciones geológicas del suelo” (Braja, 2006, p.01).

Las cimentaciones también tienen un rol muy importante en el diseño de las diferentes estructuras, ya que un error, representaría no solo pérdidas materiales sino pérdidas humanas.

El Perú se encuentra en una zona de riesgo sísmico, sin embargo, actualmente uno de los principales problemas en el área de la construcción, es el desarrollo de proyectos sin un estudio previo y sin supervisión de un profesional calificado y competente, trayendo consigo déficit en la seguridad estructural. El motivo principal por el que la ciudadanía desiste de realizar estos estudios es el tiempo y los costos adicionales que generan estos estudios y diseños. Es por esto que en nuestro país se observa construcciones en pésimo estado que al momento de un sismo colapsan y generan grandes pérdidas económicas y humanas.

El área de estudio en la presente tesis se encuentra ubicada en el distrito de Moche, Sector Choc Choc, el terreno que cuenta con una extensión de 2 hectáreas aproximadamente. Esta área es jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Moche, en la cual no se ha hecho ningún tipo de construcción. Según estudios de suelos en sectores cercanos, al igual que el área de estudio elegida, presenta una clasificación de suelo con características desfavorables con respecto a la capacidad portante del suelo. Teniendo en cuenta esta problemática esta tesis tiene por finalidad brindar un correcto estudio y diseño de cimentación adecuados para este terreno en beneficio a la comunidad.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar una zonificación de suelos para el diseño de las cimentaciones superficiales en el Sector Choc Choc, Distrito de Moche, Trujillo, La Libertad.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estudio de mecánica de suelos en la zona de estudio.
- Determinar la resistencia de un suelo a partir de la fórmula de Terzaghi.
- Proponer un diseño óptimo de cimentaciones superficiales.
- Elaborar el mapeo geotécnico de la zona de estudio.

1.3. Justificación del estudio

- **Académica**

Se justifica académicamente ya que esta consiste en recopilar información, ya sean libros, normas y manuales de laboratorio, referentes a la determinación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo, para así poder determinar la capacidad de carga y hacer un correcto diseño de cimentaciones superficiales, además, está dirigido a futuras investigaciones referentes al tema expuesto.

- **Práctica**

Esta investigación tiene justificación práctica porque este proyecto servirá como base para todas las edificaciones que pretende realizar la población de Sector Choc Choc, Distrito de Moche, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad en la zona delimitada, esto nos permitirá tener estudios geotécnicos, ya que se realizará ensayos de laboratorio para así conseguir datos que sean fidedignos y poder realizar un correcto diseño de cimentaciones superficiales, facilitando el diseño de las edificaciones proyectadas correspondientes a la zona.

- **Social**

La justificación para la parte social es muy importante porque la información recopilada servirá como base para los futuros proyectos de urbanización, facilitando a los propietarios de la zona realizar los diseños de sus edificaciones, brindándoles adicionalmente hacer proyectos más duraderos y sobre todo más seguros, dado que la mayoría de las actuales construcciones son realizadas sin ningún estudio previo, ni con supervisión de un profesional de la construcción.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

- a) Bach. (Arévalo Suárez, 2016). “ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO EN LA CALLE 127 ENTRE AV. BOYACÁ Y AV. SUBA PARA LA CIMENTACIÓN DE UNA TUBERÍA DE ALCANTARILLADO”

Tiene como objetivo diseñar la cimentación de la red de alcantarillado, previamente realiza estudios de suelos con ensayos de laboratorio y analiza sus comportamientos mediante programas (SISGEO y ArcGIS).

La presente tesis en sus conclusiones describe la característica de los estratos, por color y por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), también da por dato la profundidad del nivel freático y la capacidad portante, todos estos datos son de importancia para poder determinar la posibilidad de tener que reemplazar el suelo del terreno.

El aporte de esta investigación es que debemos describir con exactitud el suelo y sus características para poder determinar si el suelo es apto para realizar cualquier tipo de edificación.

- b) Bach. (Sánchez Sánchez, 2018). “CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL CENTRO NORTE DE QUITO RELACIONADA CON EL USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO POR OBRAS CIVILES”

Tiene como objetivo realizar un mapeo de la zona de estudio y además analizar la influencia de su uso, para la realización de este

objetivo se hizo una recopilación de estudios de suelo y posteriormente procesar los datos utilizando gráficas y mapas. Este proyecto de investigación concluye en una descripción completa de la propiedades físicas y mecánicas de la unidad de análisis, también da los valores de onda sísmica, el porcentaje de las edificaciones construidas en esa área, con todos estos datos crea un mapa de clasificación físico-mecánico de los suelos del área.

El aporte de que da este antecedente es que es necesario poder hacer un mapeo de la clasificación físicas y mecánicas para poder diseñar en base a esta las cimentaciones superficiales de las edificaciones que se realizaran en la zona.

- c) Bach. (Chapilliquen Celis, 2017). “CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO Y ROCA PARA EL DISEÑO DE POZAS SEDIMENTADORAS EN LA ZONA DE CIÉNEGA NORTE – TANTAHUATAY, CAJAMARCA”

Esta investigación tiene como objetivo realizar la clasificación de suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), además determinar las características de la zona de estudio.

Este proyecto de investigación resalta la importancia de conocer las propiedades físicas del suelo para poder proyectar una estructura inteligentemente, para la determinación de las propiedades se ha realizado ensayos de granulometría, cohesión, ángulo de fricción, permeabilidad y plasticidad y los clasifica con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

El aporte que da este antecedente es considerar los ensayos de laboratorio con respecto a la clasificación del suelo para poder realizar un diseño de cimentaciones superficiales adecuando adecuado en la unidad de análisis.

- d) Bach. (Carranza y Ponce, 2017). “ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA EN EL SECTOR III DEL CENTRO POBLADO EL MILAGRO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES”

En la presente investigación, tiene como objetivo realizar un mapeo geotécnico y determinar las propiedades físicas y mecánicas de su unidad de análisis para poder diseñar cimentaciones superficiales, para la determinación de estas, se realizaron ensayos de laboratorio y se hallaron la capacidad de carga.

En esta tesis concluyen con la descripción de las propiedades físicas y mecánicas de las cuatro zonas en la que fue dividida su unidad de análisis, dando en cada una la clasificación del suelo por SUCS, la capacidad de carga, la capacidad admisible y la profundidad de desplante, para luego dar los datos correspondientes al diseño de cimentaciones superficiales.

El aporte de este antecedente es que antes del diseño de una cimentación superficial es necesario hacer estudios previos para la determinación de la capacidad de carga, la capacidad admisible y la profundidad de desplante.

- e) Bach. (González y Torres, 2018). “MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN EL SECTOR TAQUILA DE LAS DELICIAS, DISTRITO DE MOCHE, PROVINCIA DE TRUJILLO – LA LIBERTAD.”

Esta tesis tiene como objetivo realizar una microzonificación geotécnica para diseñar cimentaciones superficiales, para lograr este objetivo se realizó estudios de suelos para determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la zona de estudio, luego de procesar los datos se determinó la presión admisible.

En este proyecto de investigación concluye que, en Villa Médica, las edificaciones fueron construidas sobre terrenos que tienen carácter de humedades y que tienen capacidad portante muy baja, aparte los rellenos encontrados sobre las edificaciones tienen una granulometría sin diámetro efectivo y su índice de plasticidad tiene valores muy altos, todas estas características en el suelo de la zona causan grietas y fisuras en las cimentaciones.

El aporte de este antecedente es que se debe realizar un correcto estudio geotécnico para determinar los parámetros que debe cumplir un suelo para diseñar una cimentación y así poder evitar patologías en las edificaciones.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Topografía y su implicancia en los estudios geotécnicos

A través de los años la topografía ha tomado gran importancia en la civilización debido al aumento de la demanda de diversos mapas y otros tipos de información, además de la necesidad de realizar líneas y niveles de manera más precisa, sirviendo como guía para obras de construcción civil. Según Wolf y Ghilani (2016):

La topografía (geomática) se puede considerar como la disciplina que comprende todos los métodos para medir y recopilar información física acerca de la tierra y nuestro medio ambiente, procesar esa información y difundir los diferentes productos a una amplia variedad de clientes. (p. 1)

En tal sentido, la topografía es importante en todo el proceso de construcción (antes, durante y después), dado que es necesario tener datos precisos del terreno donde se desarrollará la obra.

2.2.2. Suelos

2.2.2.1. Origen y formación

El origen del suelo se da por la intemperización y erosión de la roca. Para poder entender los factores como el tamaño, forma y composición química de las partículas del suelo se debe estar familiarizado con los tres tipos de roca que conforman la corteza terrestre. Estos tres tipos son las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

- Rocas Ígneas: Estas rocas son formadas por el enfriamiento y solidificación del magma expulsado del manto de la Tierra. Por medio de erupciones o fisuras, el magma fundido se enfría en la superficie del planeta. Este proceso de formación origina distintos tipos de rocas ígneas, estas dependen de factores como la velocidad de enfriamiento y composición del magma.
- Rocas Sedimentarias: Para poder definir la formación de las rocas sedimentarias es necesario saber que es la meteorización o intemperismo, ya que estas son formadas por ese proceso de descomposición, estos procesos pueden ser mecánicos o químicos.
- Rocas Metamórficas: Este tipo de rocas se forman por metamorfismo, este es el proceso de cambio de composición y textura mediante calor, sin llegar a la fusión, y la presión. El metamorfismo forma nuevos minerales estas son sometidas a esfuerzos y así dar textura de roca metamórfica.

2.2.2.2. Tipos de formación de suelos en Trujillo

Las formaciones de suelos que predominan en Trujillo son las rocas sedimentarias ubicadas principalmente al margen de Río Moche y las rocas intrusivas que son las más notables, además de que forman gran parte del gran batolito andino. Según Cossío y Jaén (1967).

Por las evidencias geológicas de carácter regional sabemos que el geosinclinal andino comenzó a formarse a fines del Triásico, sufriendo en el curso de su desarrollo episodios alternados de hundimiento y levantamiento. Durante el Albiano y Cenomaniano la depresión alcanzó su mayor amplitud, lo que está evidenciado por los extensos depósitos calcáreos que se conocen a lo largo de los Andes y en la región subandina. (p. 97)

En base a estos sucesos geohistóricos, la formación de suelos en Trujillo data del Triásico superior y corresponde a una transgresión marina.

2.2.3. Definición de Suelo

Suelo es todo aquel material que se origina por los procesos de descomposición y/o desintegración de la roca madre y su proceso de formación obedece a un tiempo geológico. Desde el punto de vista de la ingeniería civil, el suelo es un material particulado y con un sistema multifásico, particulado porque existe una diversificación en el tamaño de sus partículas y multifásico porque presenta 3 fases: sólida, líquida y gaseosa.

Existen dos tipos de análisis: geométrico (porque ocupa un espacio) y tensional (por la transmisión de esfuerzos).

- **Tipos de suelo:**

Suelos orgánicos

Los suelos orgánicos están compuestos de materia orgánica, la cual consta de residuos vegetales, animales y microorganismos en diferente grado de descomposición. Este tipo de suelos cuenta con algunas funciones como conectar las partículas minerales en agregados de diversas formas y tamaños, convierte el suelo más poroso, conservando así su humedad, aeración y temperatura, Además este origina un ambiente óptimo para las plantas, proveyéndolas de nutrientes.

Suelos Inorgánicos

Los suelos inorgánicos en su mayoría son formados por el intemperismo de las rocas, cuando el suelo se forma en el mismo sitio es llamado suelo residual, en caso contrario es un suelo transportados, ya sea por diferentes factores como el agua, gravedad o por el viento.

- **Tipos de suelos inorgánicos**

Gravas

Las gravas son fragmentos de rocas que se encuentran acumuladas de manera suelta. Este tipo de suelo inorgánico ocupan grandes extensiones y se encuentran acompañadas con arenas limos y arcillas en su mayoría.

Arenas

El origen de las arenas es parecido al de las gravas, ambas en su mayoría suelen encontrarse en el mismo deposito.

Limos

Es uno de los suelos finos, pudiendo ser inorgánico como los que son producidos en las canteras u orgánico como el que se encuentran en los ríos o zonas de cultivo. Además, tiene poco o nula plasticidad.

Arcillas

Las arcillas tienen propiedades plásticas al ser mezcladas con el agua. Su estructura, generalmente, están dispuestas en forma laminar.

Tabla 1

Definiciones del tamaño de las partículas

Descripción de las partículas	Tamaño de las partículas (mm)			
	Normas Británicas	AASHTO	ASTM	Unificado
Grava	60 -2	75-2	>2	75-4.75
Arena	2-0.06	2-0.05	2-0.075	4.75-0.075
Limo	0.06-0.002	0.05-0.002	0.075-0.005	<0.075 finos
Arcilla	<0.002	<0.002	<0.005	

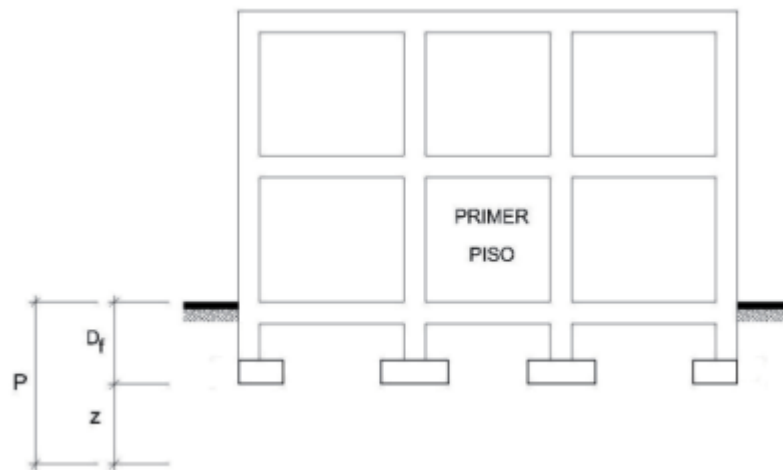
Nota. Datos tomados de Mecánica de Suelos de Berry y Reid (1993).

2.2.4. Evaluación del comportamiento del suelo

Es muy importante realizar un estudio de mecánica de suelos para poder conocer el comportamiento del suelo, así poder diseñar una estructura adecuada. Por tal motivo se deben tomar muestras, las mismas que serán analizadas en el laboratorio. La obtención de estas muestras se realiza por medio de calicatas, su profundidad se determina en función a la profundidad de desplante.

Figura 1

Profundidad de Cimentación (D_f) en Zapatas Superficiales



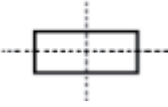



Nota. La figura muestra las distancias verticales de las superficies del terreno para el cálculo de la profundidad de calicata. Fuente: E050 Suelos y Cimentaciones (2018).

$$p = D_f + z$$

También se pueden realizar trabajos en campo como penetrómetros y sondeos. Las técnicas de exploración tienen que ser descritas en el plano de ubicación de los puntos de exploración.

Tabla 2*Técnicas de exploración*

TECNICAS DE EXPLORACIÓN	SIMBOLO	
Pozo o Calicata	C – n	
Perforación	P – n	
Trinchera	T – n	
Auscultación	A – n	

Nota. La presente tabla nos da la simbología de las diferentes técnicas de exploración. Fuente: E.050 Suelos y Cimentaciones (2018).

La normativa E050 Suelos y Cimentaciones nos brinda información muy relevante para la exploración de un suelo, además nos indican los estudios en laboratorio y en campo necesarios para un estudio de mecánica de suelos. Con la data obtenida nos brinda información para realizar el diseño de cimentaciones para determinadas estructuras.

2.2.5. Propiedades del suelo

Propiedades Físicas

Humedad

Este ensayo de laboratorio se encuentra normado por la NTP 339.127 y su objetivo es determinar la humedad de un suelo, se encuentra expresada como porcentaje y su cálculo es el siguiente.

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_{cs}} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde

w = contenido de humedad, en porcentaje

M_{cws} = masa del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

M_{cs} = masa del contenedor más el suelo seco, en gramo

M_{cs} = masa del contenedor, en gramos

M_w = masa del agua, en gramos

M_s = Masa de las partículas sólidas, en gramos

Análisis granulométrico

Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de las partículas del suelo, el análisis granulométrico se puede efectuar mediante dos procesos, tamizado para partículas gruesas y por sedimentación para partículas finas, este último se basa en la ley de Stokes utilizando un equipo llamado hidrómetro. Este ensayo se encuentra normado por la NTP 339.128.

Clasificación SUCS y AASHTO

Los más usuales son el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (U.S.C.S) y AASTHO.

El sistema fue propuesto en el año 1942 por Arturo Casagrande; en el cual se basa en la aplicación de los límites de Atterberg y distribución granulométrica

Referido a su distribución granulométrica estos se dividen en suelos granulares y finos según el tamaño del material que pasa en el tamiz de 3" o 75 mm; se considera como suelo fino a todo material que pasa más del 50% del tamiz #200, caso contrario, es granular.

a) Simbología de suelos granulares

Tabla 3*Prefijos para suelos granulares*

Descripción	Símbolo	Condición
Grava	G	Si más del 50% es retenido en el Tamiz #4
Arena	S	Si más del 50% pasa por el tamiz #4

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4*Sufijos para suelos granulares*

Descripción	Símbolo	Condición
Bien gradado	W	Depende del Cu y Cc
Mal gradado	P	Depende del Cu y Cc
Limoso	N	Depende del LL e IP
Arcilloso	C	Depende del LL e IP

Nota. Elaboración propia.

b) Simbología de suelos finos**Tabla 5***Prefijos para suelos finos*

Descripción	Símbolo	Condición
Orgánicos	O	-
Limo	M	Varia entre 0.075 mm a 0.005 mm
Arcilla	C	Tamaños menores de 0.005 mm a 0.002 mm

Nota. Elaboración propia.

Tabla 6

Sufijos para suelos finos

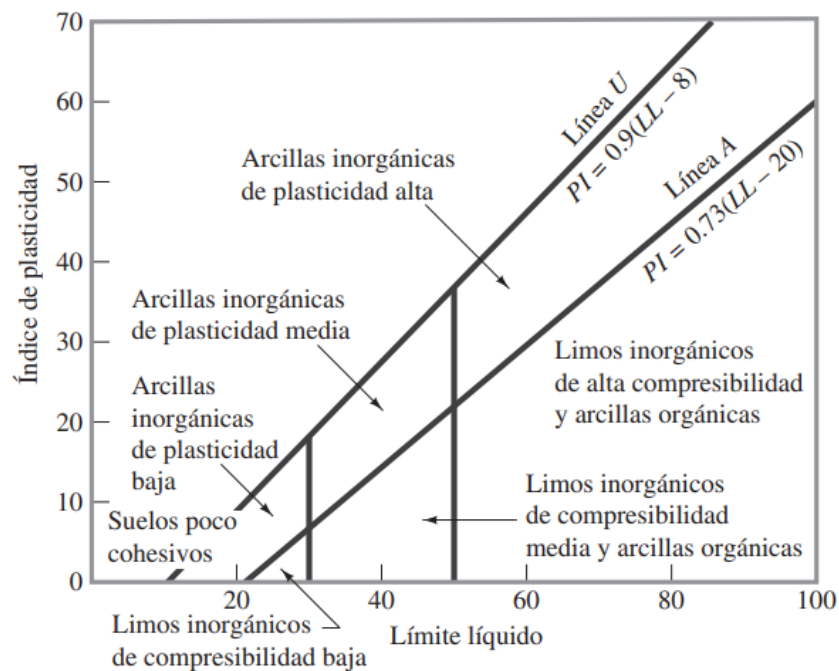
Descripción	Símbolo	Condición
Baja Plasticidad	L	$LL < 30\%$
Mediana Plasticidad	M	$30\% < LL < 50\%$
Alta Plasticidad	H	$LL > 50\%$

Nota. Elaboración propia.

Esta clasificación está basada en el uso de los Límites de Atterberg o de consistencia articulados en la carta de plasticidad de Casagrande

Figura 2

Carta de Plasticidad



Nota. Indica los límites para la clasificación. Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (2014).

Peso específico “ γ ”

Es la relación del peso del elemento considerado “W” y su unidad de volumen “V”, en condiciones de laboratorio se mide bajo la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Peso unitario sumergido

Concepto que se da en los suelos sumergidos por debajo del nivel freático del suelo se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

2.2.6. Zonificaciones geotécnicas

Son los estudios geotécnicos que nos permite conocer las propiedades físicas, mecánica, químicas e hidrológicas de suelos para luego analizar, cuantificar estos datos y describir estas características. En base a todos los estudios se debe tomar en cuenta el nivel freático, la clasificación granulométrica (SUCS y AASHTO), por cada estrato encontrado en la etapa de exploración y así poder determinar la carga admisible.

Todos estos datos y parámetros obtenidos de los estudios serán registrados y representados en un mapeo geotécnico, con esto poder determinar la viabilidad, el diseño y procedimiento de ejecución de un proyecto.

2.2.7. Cimentaciones

Se denomina cimentación a la subestructura que se encarga de transmitir las cargas que generan las superestructuras (losas, trabes, muros, columnas, vigas, etc.) al suelo, sin sobrecargarlos, ni produciendo asentamientos excesivos o fallas de corte del mismo. El diseño de las cimentaciones depende de la estructura y el suelo en la cual se apoyará. Es por eso que los ingenieros estructurales y geotécnicos que están a cargo del diseño deben evaluar la capacidad de carga del suelo.

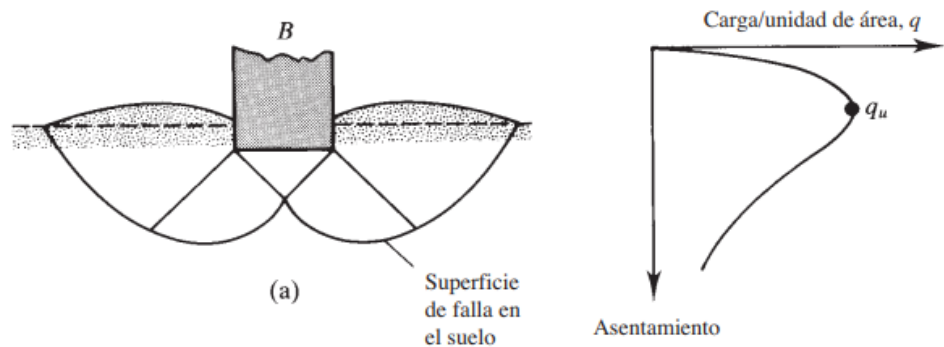
2.2.7.1. Criterios de falla

Falla por cortante general

Esta falla se da por la presencia de una superficie de deslizamiento continuo dentro del terreno, que se inicia en el borde de la cimentación y avanza a la superficie de la cimentación. Este tipo de fallas suelen ser súbitas y catastróficas. Se da en arenas densas y arcillas rígidas.

Figura 3

Naturaleza de la falla de la capacidad de carga en un suelo



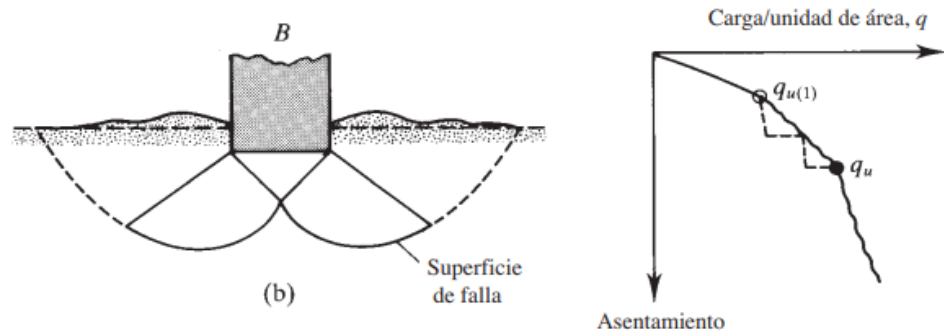
Nota. La figura muestra una falla de corte general. Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (2014).

Falla por cortante local

Se caracteriza porque existe una marcada tendencia a la deformación del suelo a los lados del cimiento, este tipo de falla produce una fuerte compresión vertical debajo de la cimentación. Se da en arenas finas medias y flojas y en arcilla suaves.

Figura 4

Naturaleza de la falla de la capacidad de carga en un suelo



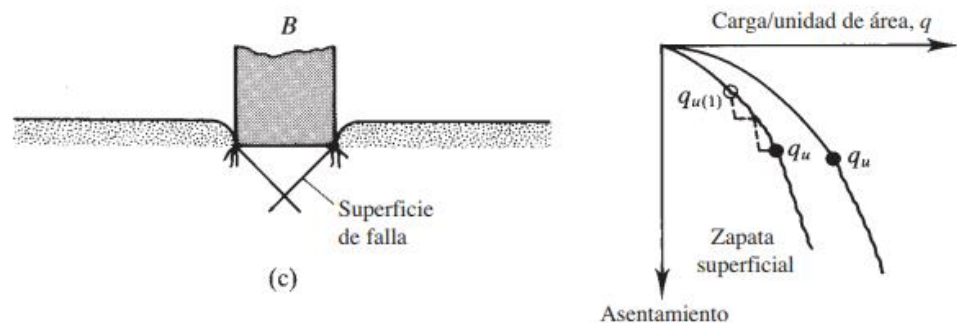
Nota. La figura muestra una falla de corte local. Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (2014).

Falla por punzonamiento

Esta falla se caracteriza por un movimiento vertical de la cimentación mediante la compresión del suelo inmediatamente debajo de ella. La rotura del suelo se presenta por corte alrededor de la cimentación y casi no se observan movimientos de este junto a la cimentación. Este tipo de cimentaciones mantienen su equilibrio tanto vertical como horizontal. Se da en suelos bastante sueltos.

Figura 5

Naturaleza de la falla de la capacidad de carga en un suelo



Nota. La figura muestra una falla de corte por punzonamiento. Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (2014).

2.2.7.2. Cimentaciones superficiales

Este tipo de cimentaciones se caracterizan porque la relación entre la profundidad de desplante y el ancho del cimiento es menor igual a 5. Existen 4 tipos de cimentaciones superficiales que serán descritas a continuación.

Cimentaciones aisladas

Como todos los cimientos, la función de este tipo de cimentación superficial es recibir la carga puntual de las columnas y transmitir las al terreno. Suele usarse en suelos firmes y competentes.

Cimentaciones corridas

Este tipo de cimentación, a diferencia de los cimientos aislados, recibe las cargas de los muros, paredes y otros elementos alargados. Son menos propensos a sufrir asentamientos.

Cimentaciones combinadas

Se utilizan para soportar la carga de dos o más columnas, el espesor de este cimiento suele ser mayor al de un cimiento corrido o aislado.

Losas de cimentación

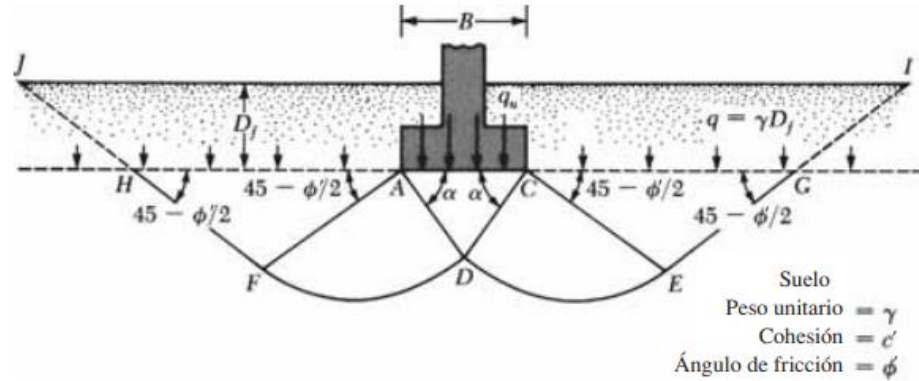
Este tipo de cimentaciones se usan en suelos con poca resistencia. Se disponen en plataforma para poder transmitir las cargas de toda la estructura, de por lo cual distribuye los esfuerzos de manera uniforme.

2.2.7.3. Criterios de determinación de capacidad de carga

El primero en presentar una teoría global para evaluar la capacidad de carga de una cimentación profunda fue Terzaghi, cabe resaltar que una cimentación poco profunda, según algunos investigadores, cuenta con una profundidad de desplante es 3 a 4 veces el ancho de la cimentación.

Figura 6

Falla de la capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación continua rígida en grava



Nota. La figura muestra una cimentación poco profunda y una falla por cortante general, dividida en zonas. Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (2014).

Terzaghi expresa la capacidad de carga para una cimentación corrida de la siguiente forma:

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

Donde:

c' = cohesión del suelo

γ = peso unitario del suelo

$q = \gamma D_f$

B = diámetro de la zapata

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales y son funciones del ángulo de fricción del suelo, ϕ'

Con relación a las cimentaciones cuadradas y circulares, Terzaghi sugirió las siguientes ecuaciones para la capacidad última de carga del suelo:

Zapatas cuadradas

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Zapatas circulares

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$

La ecuación para cimiento corrido sometida a una carga vertical propuesta por Terzaghi, puede ser generalizada teniendo en cuenta algunos puntos específicos:

- La resistencia la corte a lo largo de la superficie de falla en el suelo por encima del fondo de cimentación.
- La proporción entre la anchura y la longitud de las cimentaciones.
- La inclinación de la carga.

Teniendo en cuenta estos puntos, la ecuación de capacidad de cargar última se pondrá de la siguiente manera según Meyerhof.

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

Donde

c' = cohesión del suelo

γ = peso unitario del suelo

$q = \gamma D_f$

B = diámetro de la zapata

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

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

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

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga

Con relación a los factores de forma y profundidad e inclinación, autores como De Beer, Hansen, Hanna y Meyerhof propusieron las siguientes ecuaciones.

Factor forma

$$F_{cs} = 1 + \frac{BN_q}{LN_c}$$

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

$$F_{\gamma s} = 1 + 0.4 \frac{B}{L}$$

Donde L = longitud de la cimentación ($L > B$)

Factor profundidad

Tabla 7

Factores de profundidad

	$\frac{D_f}{B} \leq 1$	$\frac{D_f}{B} > 1$
$\phi' = 0$	$F_{cd} = 1 + \frac{D_f}{B}$	$F_{cd} = 1 + \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$
	$F_{qd} = 1$	$F_{qd} = 1$
	$F_{\gamma d} = 1$	$F_{\gamma d} = 1$
$\phi' > 0$	$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{df}}{N_c \tan \phi'}$	$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{df}}{N_c \tan \phi'}$
	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$
	$F_{\gamma d} = 1$	$F_{\gamma d} = 1$

Nota. La presente tabla describe las ecuaciones para hallar los factores de forma propuesta por Hansen (1970). Fuente: Elaboración propia.

Factor de inclinación

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

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

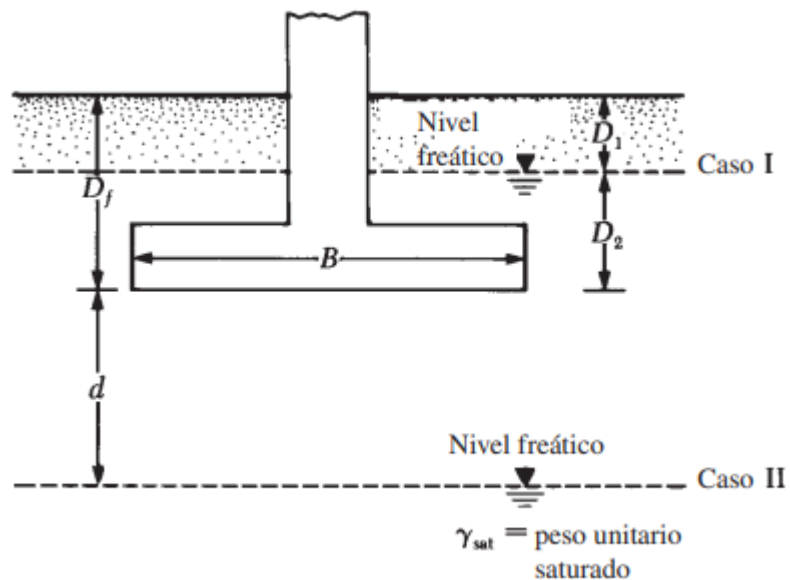
Donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

Modificaciones de las ecuaciones de capacidad de carga según la posición del nivel freático

Las ecuaciones propuestas por Terzaghi y Meyerhof se han realizado teniendo en cuenta que el nivel freático se encuentra en una profundidad muy por debajo de la cimentación, es por eso que es necesario hacer modificaciones a las ecuaciones de capacidad de carga.

Figura 7

Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga para el nivel freático



Nota. La presente figura representa diferentes casos de en la profundidad en la que se entra el nivel freático. Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (2014).

Caso I

Si el NAF se encuentra $0 \leq D_1 \leq D_f$ el factor q y γ en las ecuaciones tomaría la siguiente forma:

$$q = \text{sobrecarga efectiva} = D_1\gamma + D_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$\gamma = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Donde

γ_{sat} = peso unitario del suelo saturado

γ_w = peso unitario del agua

Caso II

Si el NAF se encuentra $0 \leq d \leq B$ el factor q y γ en las ecuaciones tomaría la siguiente forma:

$$q = \gamma D_f$$

$$\gamma = (\gamma_{sat} - \gamma_w) + \frac{d}{B}(\gamma_w - (\gamma_{sat} - \gamma_w))$$

Caso III

Si el nivel freático está localizado en $d \leq B$, el agua no tiene efecto sobre la ecuación de capacidad última de carga.

Factor de seguridad

Para las cimentaciones poco profundas se requiere la aplicación de un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última y es representada por la siguiente ecuación:

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

2.2.8. Asentamientos

Se sabe que las cimentaciones pueden fallar por fallas de corte del suelo, pero también es posible que la cimentación tenga asentamientos, los cuales si son muy grandes pueden causar daño a la estructura y hacerla disfuncional. Es por eso que también es muy importante tener el asentamiento. Existen dos tipos de asentamiento.

2.2.8.1. Asentamientos por consolidación

Estos tipos de asentamientos se dan en suelos arcillosos donde su conductividad hidráulica es pequeña trayendo consigo que la disipación del exceso de presión de poros requiera periodos considerables de tiempo. Lo que genera asentamientos que dependan del tiempo.

La consolidación en una arcilla saturada produce una compresión diferida y un cambio volumétrico debido a la expulsión del agua de los poros, generando así asentamientos verticales.

Tabla 8

Tipos de asentamiento según clases de suelos

Suelo	Instantáneo	Consolidación	Secundario
Grava	Sí	No	No
Arena	Sí	No	No
Limo	Sí	Baja	No
Arcilla	Sí	Si	Sí

Nota. Elaboración propia.

2.2.8.2. Sedimentación de suelos

Suelo normalmente consolidado

Se da cuando la presión efectiva inicial σ_0 coincide con la mayor presión efectiva a la que ha estado sometido el suelo durante su tiempo geológico σ_c .

Suelo preconsolidado

Se obtiene cuando la presión efectiva actual σ_0 es menor que la mayor presión a la que este ha estado sometido durante todo su tiempo geológico σ_c .

Overconsolidation Ratio (OCR)

La tasa de preconsolidación se mide mediante la siguiente expresión.

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o}$$

Los valores de OCR describen el suelo de la siguiente manera, cuando el OCR es menor igual a 1 es un suelo normalmente consolidado, cuando los valores se encuentren entre 1.5 y 3 será ligeramente consolidado y cuando son mayores a 4 serán altamente consolidados.

$$OCR \leq 1$$

$$S_p = H \left(\frac{\Delta e}{1 + \Delta e} \right)$$

Donde:

S_p = Asentamiento principal

e_o = Índice de vacíos inicial en V_o

$$\Delta H = S_p = H \left(\frac{C_c}{1 + e_o} \right) \cdot \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_o} \right)$$

$$SI: OCR > 1; \sigma'_o + \Delta \sigma \leq \sigma'_c$$

$$\Delta H = H \left(\frac{C_c}{1 + e_o} \right) \cdot \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_o} \right)$$

$$SI: OCR > 1; \sigma'_o + \Delta \sigma \leq \sigma'_c$$

$$\Delta H = S_p = H \left(\frac{C_c}{1 + e_o} \right) \cdot \log \left(\frac{\sigma'_o}{\sigma'_o} \right) + H \left(\frac{C_c}{1 + e_o} \right) \cdot \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_o} \right)$$

2.2.8.3. Asentamientos elásticos

Son también denominados como inmediatos o instantáneos y están orientados para suelos tanto arcillas saturadas como para suelos granulares.

Asentamiento elástico de cimentaciones flexibles y rígidas

Para el calculo se determinará las siguientes expresiones:

(esquina de la cimentación flexible)

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s} (1 - u_s^2) \alpha$$

(centro de la cimentación flexible)

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s} (1 - u_s^2) \frac{\alpha}{2}$$

(promedio para una cimentación flexible)

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s} (1 - u_s^2) \alpha_{prom}$$

(asentamiento rígido)

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s} (1 - u_s^2) \alpha_r$$

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1+m^2} + m}{\sqrt{1+m^2} - m} \right) + m \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{1+m^2} + 1}{\sqrt{1+m^2} - 1} \right) \right]$$

Donde

$m = L/B$

B = ancho de la cimentación

L = longitud de la cimentación

E = módulo de elasticidad

q_0 = presión admisible

u = módulo de poisson

$\alpha_r = 0.88 \alpha$

2.3. Marco conceptual

- **Análisis Hidrométrico:** Este análisis permite determinar las partículas de suelos finos con el principio de sedimentación de la muestra en agua.
- **Análisis de tamiz:** Se agita la muestra en un conjunto de tamices con diversas aberturas que van progresivamente.
- **Análisis mecánico de Suelo:** Es la determinación de los diversos tamaños de las partículas que se encuentran en un suelo, estas se determinan en el laboratorio.
- **Capacidad de carga:** Es la presión que se requiere para hacer que la cimentación falle por corte
- **Cimentación superficial:** Es aquella en la cual la relación profundidad/ancho (D_f/B) es menor o igual a 5, siendo “ D_f ” la profundidad de desplante y “ B ” el ancho o diámetro de la misma. (Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, p.53).
- **Índice Plástico (IP):** Es el rango del contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y plástico (NTP 339.128 – 1999).
- **Licuefacción:** Proceso de transformación de cualquier suelo del estado sólido a un estado líquido; este proceso tiene lugar, usualmente, como resultado del incremento de la presión en los poros y de la concomitante reducción de la resistencia al corte, asociada a la aplicación de cargas cíclicas. (Hoyos, F. (2012). Diccionario Geotécnico, p.112)
- **Límite de Contracción:** Es el contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida del agua (Muelas, 2015).
- **Límite Líquido:** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico (NTP 339.128 – 1999).
- **Límite Plástico:** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido (NTP 339.128 – 1999).

- **Nivel Freático:** Nivel en que se encuentra el agua subterránea en el momento de la exploración.
- **Perfil de suelo:** Nomenclatura que se usará para la presente investigación para definir los diferentes estratos en el que se encuentra compuesto el suelo.

2.4. Sistema de hipótesis

Una zonificación de suelos permitirá una propuesta óptima en el diseño de cimentaciones superficiales en el Sector Choc Choc, Distrito de Moche – Provincia de Trujillo – Departamento de La Libertad.

Variable

- Zonificación de Suelos

Tabla 9

Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Zonificación de Suelos	Clasificación de unidades espaciales que se caracterizan a partir de ensayo de laboratorio y análisis de muestras.	Rama de la ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo, aplicadas a obras civiles.	Propiedades físicas.	Granulometría. Clasificación de Suelos. Humedad. Límites de Atterberg. Densidad Unitaria. Gravedad Específica Relativa de los sólidos.	Fichas de recolección de datos.
		Elemento que transmite su propio peso y de cargas recibidas al suelo donde se encuentra sustentado.	Propiedades mecánicas.	Ángulo de Fricción y Cohesión. Capacidad Admisible.	Hojas Excel. Ábacos. Programas.
			Diseño cimentaciones.	Dimensionamiento de las Zapatas.	
			Mapeo geotécnico	Plano Topográfico. Mapa Geotécnico.	Mapa

Nota. Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo a la orientación o finalidad la investigación es aplicada y con respecto a la técnica de contratación es descriptiva.

3.2. Población y muestra

- Población: Distrito de Moche, Trujillo, Departamento de La Libertad.
- Muestra: Sector Choc Choc

3.3. Diseño de investigación

Esta investigación es de campo, debido a que se realizarán estudios in situ de las propiedades físicas del suelo, además se realizaran ensayos de laboratorio los cuales nos brindarán un complemento que nos permitirá identificar los tipos de suelos y clasificarlos según corresponda.

Finalmente, con toda la información, se deberá procesarla en hojas de calculo y brindar datos sobre las cimentaciones superficiales a diseñar.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas

- Fichas: Se usarán para la recolección de datos de los ensayos de campo.
- Lista de Control: Se usará para la obtención de información sistemática y organizada de las muestras.

Instrumentos

- Libros sobre Geotecnia y Cimentaciones.
- Artículos Científicos.
- Bibliografía de Tesis.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento se utilizaron los siguientes programas:

- Microsoft Word: Se usará este programa en la redacción del proyecto de tesis.
- Microsoft Excel: Nos permitirá crear hojas de cálculo de todos los ensayos realizados.
- AutoCAD: Se usará para delimitar el mapeo geotécnico.
- Civil3D: Se utilizará para los niveles del terreno de estudio.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Cuadro Resumen de Propiedades Físicas:

Tabla 10

Cuadro resumen de las propiedades físicas de la zona de estudio

CALICATA	Humedad a la profundidad sobre N.A.F.		Límites de Atterberg		Granulometría			Gs	Clasificación		Densidad Natural (g/cm ³)	Descripción
	%	m	LL %	I.P.%	Cu	Cc	No.200 (% Que pasa)		AASTHO	SUCS		
C-1	11.18	1.10	-	N.P.	1.70	1.05	0.28	2.63	A - 2 - 4	SP	1.52	Arena mal graduada
C-2	11.69	0.80	-	N.P.	1.89	1.20	1.10	2.68	A - 2 - 4	SP	1.58	Arena mal graduada
C-3	7.34	1.15	-	N.P.	1.92	1.17	0.85	2.62	A - 2 - 4	SP	1.55	Arena mal graduada
C-4	9.31	2.35	-	N.P.	1.97	1.14	0.33	2.65	A - 2 - 4	SP	1.53	Arena mal graduada
C-5	9.55	2.25	-	N.P.	1.85	1.13	1.03	2.68	A - 2 - 4	SP	1.54	Arena mal graduada
C-6	7.63	2.50	-	N.P.	1.66	1.03	0.33	2.65	A - 2 - 4	SP	1.48	Arena mal graduada

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 11

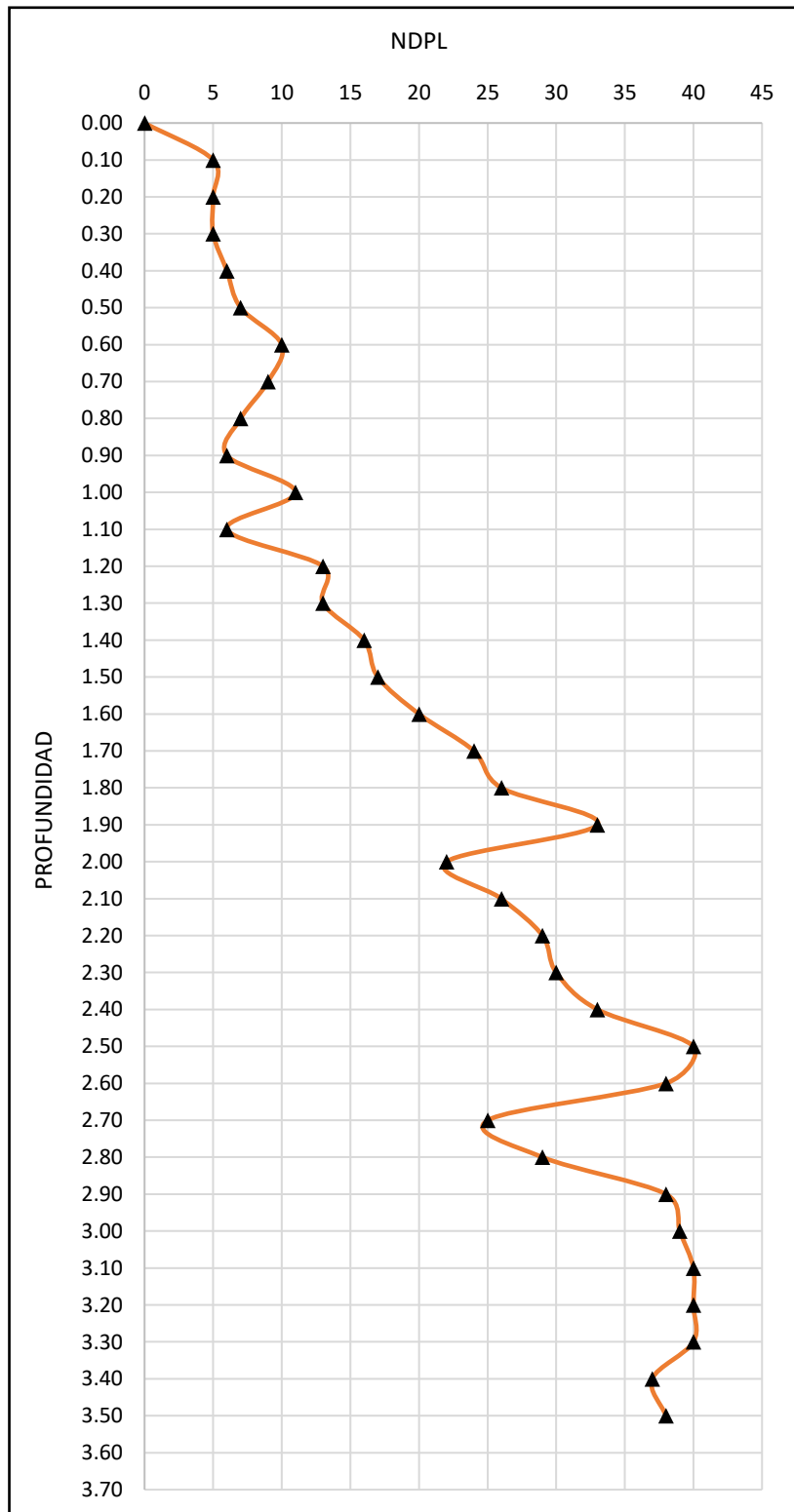
Correlación DPL a SPT de la auscultación A-1

Z (m)	NDPL	NSPT	N ₆₀	N _{naf}	Y Kg/cm ³	σ' ₀	C _N	(N1) ₆₀	Angulo Pico efectivo de Fricción ø			ø (°)	ø prom (°)	Dr %
									Therzaghi	Meyerhof	Kishida			
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	5													
0.20	5													
0.30	5	6	5	5	1.52	0.076	2.63	13	29.75	26.54	25.00	25.00		60.15
0.40	6													
0.50	7													
0.60	10												25.92	
0.70	9													
0.80	7	9	7	7	1.52	0.152	2.40	17	30.25	27.66	26.83	26.83		66.35
0.90	6													
1.00	11													
1.10	6													
1.20	13													
1.30	13	13	10	10	2.04	0.254	2.23	22	31.00	29.34	29.14	29.14	29.14	74.10
1.40	16													
1.50	17													
1.60	20													
1.70	24													
1.80	26	25	19	17	2.04	0.356	2.12	36	32.75	33.22	33.44	32.75		89.04
1.90	33													
2.00	22													
2.10	26													
2.20	29													
2.30	30	32	24	20	2.04	0.458	2.03	40	33.38	34.59	34.75	33.38		92.40
2.40	33													
2.50	40													
2.60	38												33.44	
2.70	25													
2.80	29	34	26	21	2.04	0.559	1.97	40	33.63	35.13	35.25	33.63		92.40
2.90	38													
3.00	39													
3.10	40													
3.20	40													
3.30	40	39	29	22	2.04	0.661	1.91	42	34.00	35.95	35.98	34.00		94.08
3.40	37													
3.50	38													

Nota. Elaboración Propia.

Figura 8

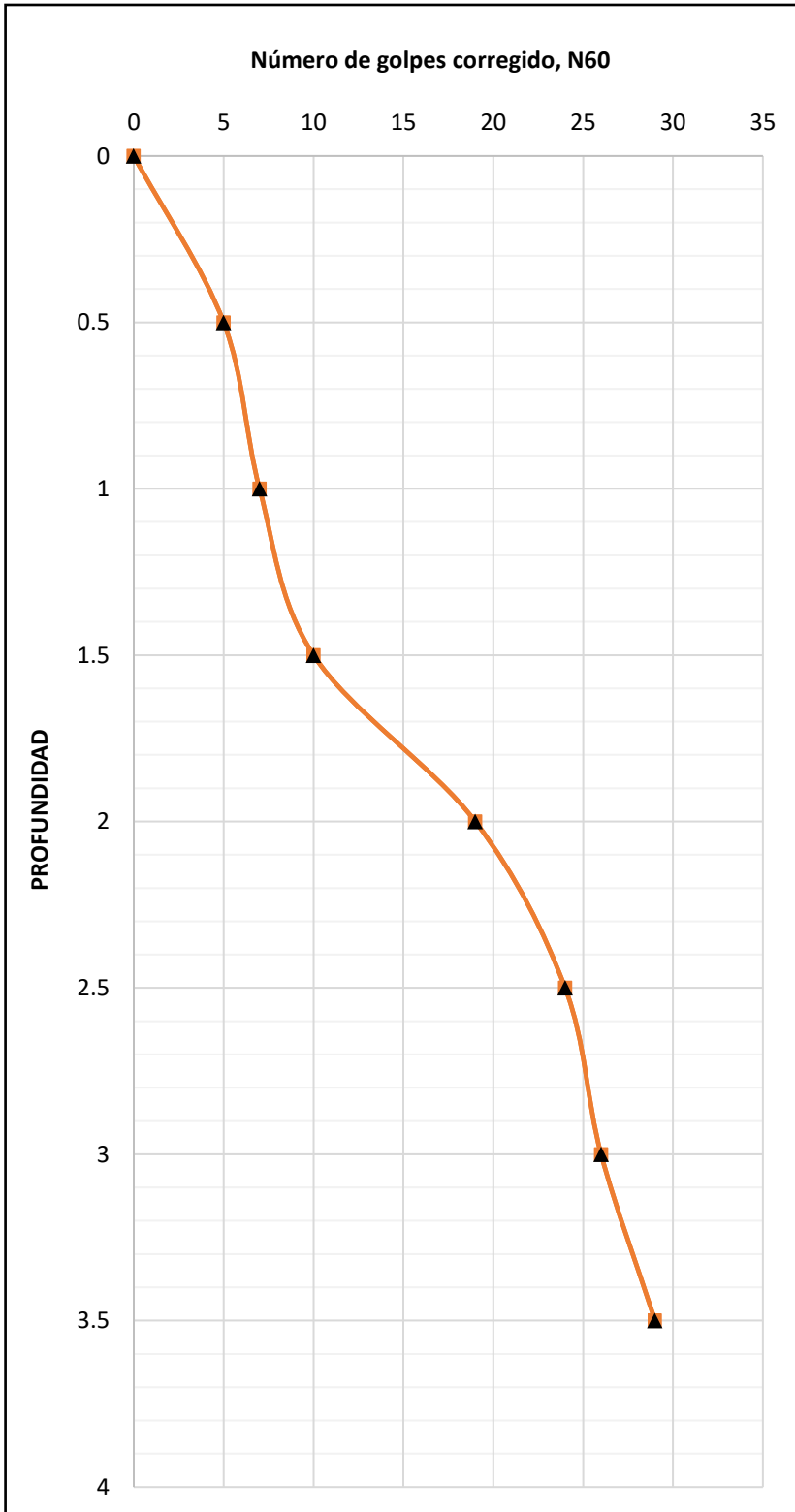
Gráfica de Profundidad vs N_{dpi} de la auscultación A-1



Nota. Elaboración propia.

Figura 9

Gráfica de Profundidad vs N_{60} de la auscultación A-1



Nota. Elaboración propia.

Tabla 12

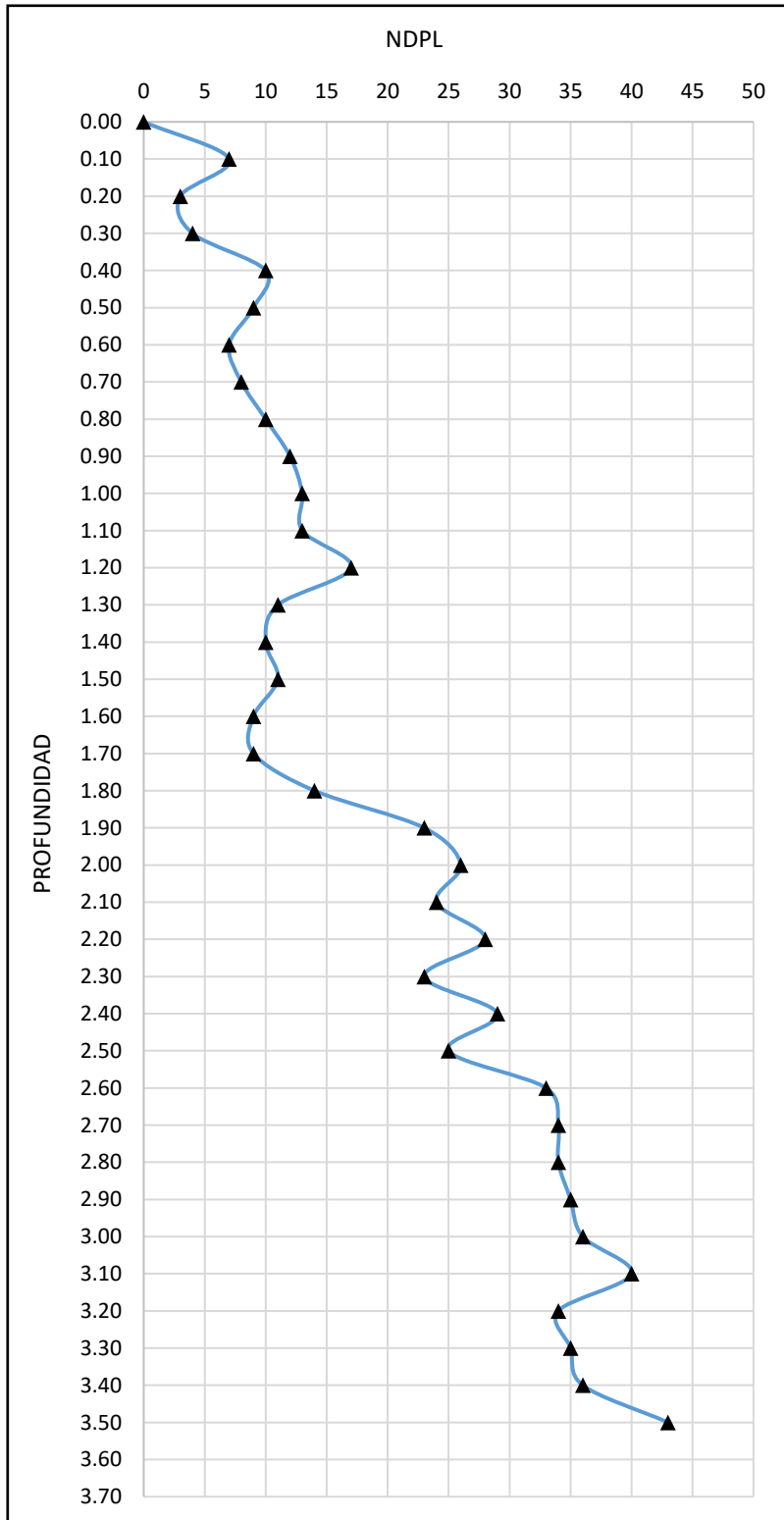
Correlación DPL a SPT de la auscultación A-2

Z (m)	N _{DPL}	N _{SPT}	N ₆₀	N _{naf}	γ Kg/cm ³	σ' ₀	C _N	(N1) ₆₀	Angulo Pico efectivo de Fricción ø			ø (°)	ø prom (°)	Dr %
									Therzaghi y Peck	Meyerhof	Kishida			
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	7													
0.20	3													
0.30	4	7	5	5	1.58	0.079	2.62	13	29.75	26.54	25.00	25.00		60.15
0.40	10													
0.50	9												26.32	
0.60	7													
0.70	8													
0.80	10	10	8	8	1.58	0.158	2.39	19	30.50	28.22	27.65	27.65		69.45
0.90	12													
1.00	13													
1.10	13													
1.20	17													
1.30	11	12	9	9	2.04	0.260	2.22	20	30.75	28.78	28.42	28.42		71.00
1.40	10													
1.50	11												28.42	
1.60	9													
1.70	9													
1.80	14	16	12	12	2.04	0.362	2.11	25	31.50	30.45	30.49	30.45		78.75
1.90	23													
2.00	26													
2.10	24													
2.20	28													
2.30	23	26	20	17.5	2.04	0.464	2.03	36	32.88	33.49	33.71	32.88		89.04
2.40	29													
2.50	25													
2.60	33													
2.70	34													
2.80	34	34	26	20.5	2.04	0.566	1.96	40	33.63	35.13	35.25	33.63	33.50	92.40
2.90	35													
3.00	36													
3.10	40													
3.20	34													
3.30	35	38	29	22	2.04	0.668	1.91	42	34.00	35.95	35.98	34.00		94.08
3.40	36													
3.50	43													

Nota. Elaboración Propia.

Figura 10

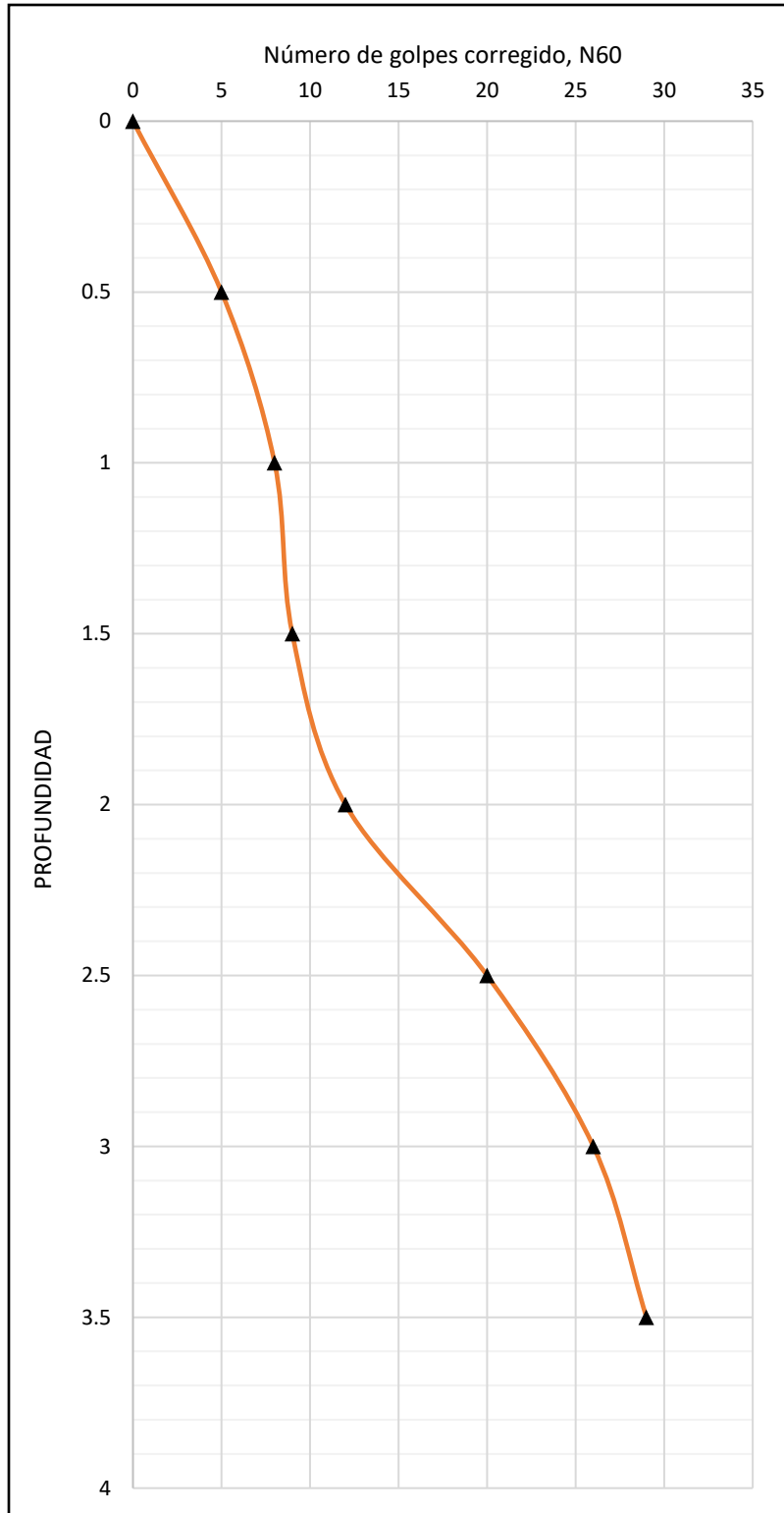
Gráfica Profundidad vs N_{dpl} de la auscultación A-2



Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Gráfica Profundidad vs N_{dpl} de la auscultación A-2



Nota. Elaboración propia.

Tabla 13

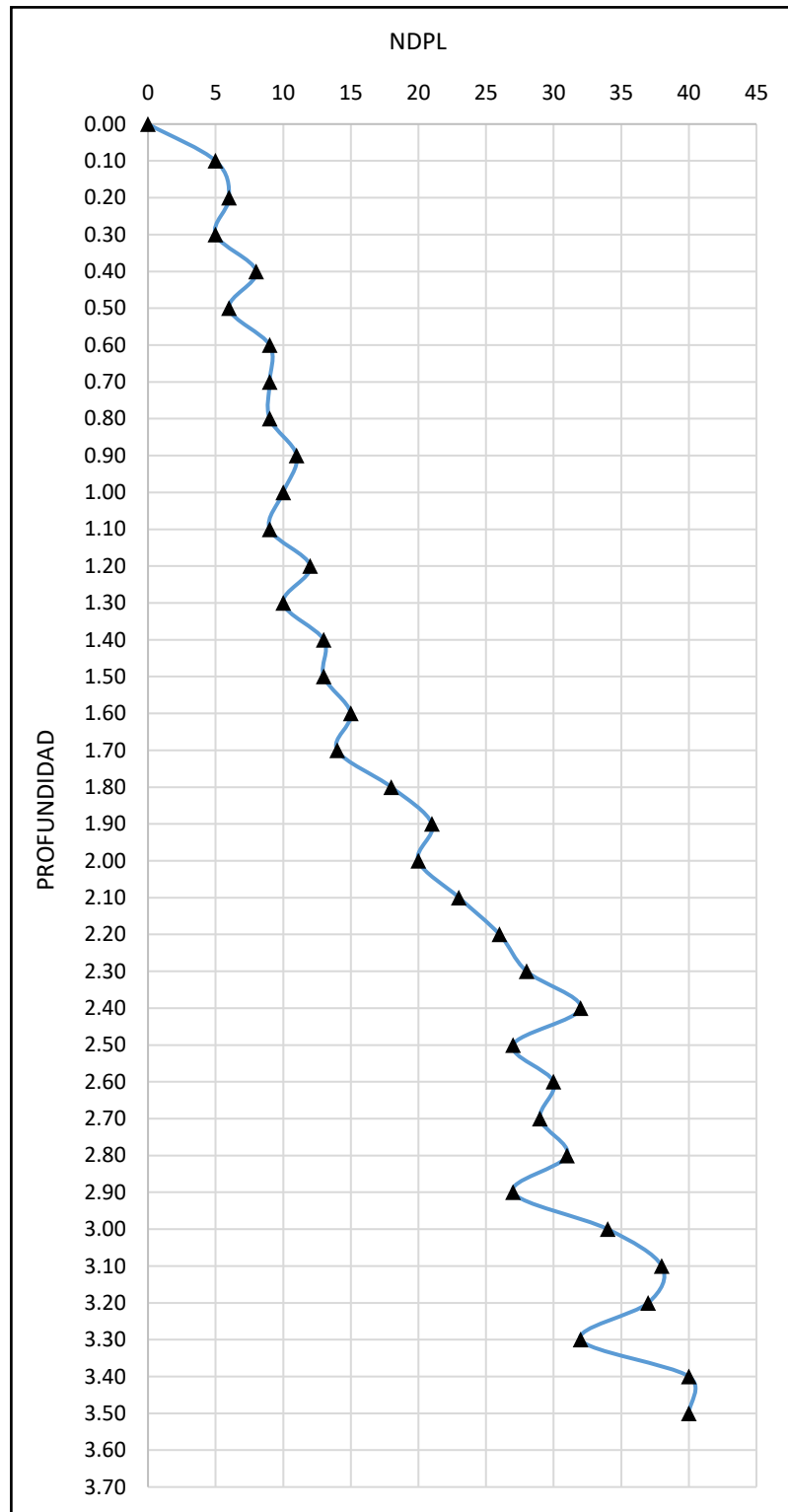
Correlación DPL a SPT de la auscultación A-3

Z (m)	N _{DPL}	N _{SPT}	N ₆₀	N _{naf}	γ Kg/cm ³	σ _o	C _N	(N1) ₆₀	Angulo Pico efectivo de Fricción φ			φ (°)	φ prom (°)	Dr %
									Therzaghi	Meyerhof	Kishida			
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
0.10	5													
0.20	6													
0.30	5	6	5	5	1.55	0.077	2.63	13	29.75	26.54	25.00	25.00		60.15
0.40	8													
0.50	6													
0.60	9												26.32	
0.70	9													
0.80	9	10	8	8	1.55	0.155	2.40	19	30.50	28.22	27.65	27.65		69.45
0.90	11													
1.00	10													
1.10	9													
1.20	12													
1.30	10	11	8	8	2.13	0.261	2.22	18	30.50	28.22	27.65	27.65	27.65	67.90
1.40	13													
1.50	13													
1.60	15													
1.70	14													
1.80	18	18	14	14	2.13	0.368	2.11	29	32.00	31.56	31.73	31.56		83.16
1.90	21													
2.00	20													
2.10	23													
2.20	26													
2.30	28	27	20	17.5	2.13	0.475	2.02	35	32.88	33.49	33.71	32.88		88.20
2.40	32													
2.50	27													
2.60	30												32.89	
2.70	29													
2.80	31	30	23	19	2.13	0.581	1.95	37	33.25	34.31	34.49	33.25		89.88
2.90	27													
3.00	34													
3.10	38													
3.20	37													
3.30	32	37	28	21.5	2.13	0.688	1.90	41	33.88	35.68	35.74	33.88		93.24
3.40	40													
3.50	40													

Nota. Elaboración Propia.

Figura 12

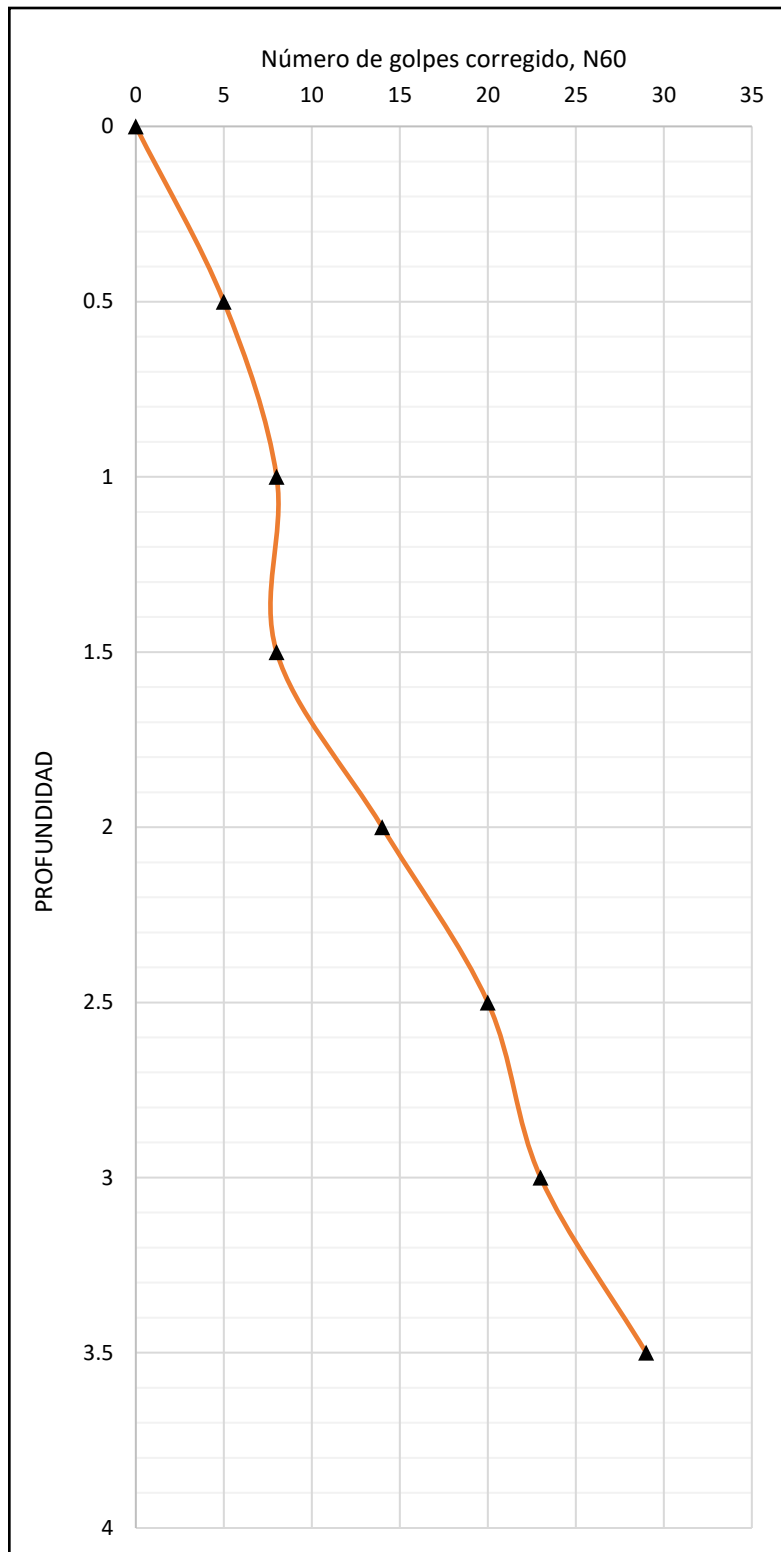
Gráfica Profundidad vs N_{dpl} de la auscultación A-3



Nota. Elaboración Propia.

Figura 13

Gráfica Profundidad vs N_{dpl} de la auscultación A-3



Nota. Elaboración propia.

Tabla 14*Cuadro resumen de densidad relativa*

		Z	Dr%	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA
Auscultación	A-1	0.50 - 1.00	66	MEDIO
		1.00 - 1.50	74	DENSO
		1.50 - 2.00	89	MUY DENSO
		2.00 - 2.50	92	
		2.50 - 3.00	92	
		3.00 - 3.50	94	
	A-2	0.50 - 1.00	69	MEDIO
		1.00 - 1.50	71	DENSO
		1.50 - 2.00	79	MUY DENSO
		2.00 - 2.50	89	
		2.50 - 3.00	92	
		3.00 - 3.50	94	
	A-3	0.50 - 1.00	69	MEDIO
		1.00 - 1.50	68	MUY DENSO
		1.50 - 2.00	83	
		2.00 - 2.50	88	
		2.50 - 3.00	90	
		3.00 - 3.50	93	

Nota. Elaboración propia.**Tabla 15***Cuadro resumen de ángulo de fricción.*

		Z	ø	ø prom
Auscultación	A-1	1.00 - 1.50	29.14	29.14
		1.50 - 2.00	32.75	33.44
		2.00 - 2.50	33.38	
		2.50 - 3.00	33.63	
		3.00 - 3.50	34.00	
		A-2	1.00 - 1.50	28.42
	1.50 - 2.00		30.45	32.74
	2.00 - 2.50		32.88	
	2.50 - 3.00		33.63	
	3.00 - 3.50		34.00	
	A-3		1.00 - 1.50	27.65
		1.50 - 2.00	31.56	32.89
		2.00 - 2.50	32.88	
		2.50 - 3.00	33.25	
		3.00 - 3.50	33.88	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16*Cuadro resumen de diseño de cimentaciones cuadradas*

Df (m)	B (m)	q_u (km/cm²)		FS	q_{adm} (km/cm²)	
		Terzaghi	Meyerhof		Terzaghi	Meyerhof
1.00	1.50	1.14	3.92	3	0.38	1.31
	2.00	1.24	4.34	3	0.41	1.45
	2.50	1.34	4.41	3	0.45	1.47
1.20	1.50	1.31	3.52	3	0.44	1.17
	2.00	1.41	2.34	3	0.47	0.78
	2.50	1.51	2.50	3	0.50	0.83
1.30	1.50	1.37	3.96	3	0.46	1.32
	2.00	1.47	2.68	3	0.49	0.89
	2.50	1.57	2.84	3	0.52	0.95
1.50	1.50	1.49	4.94	3	0.50	1.65
	2.00	1.59	3.45	3	0.53	1.15
	2.50	1.69	3.61	3	0.56	1.20

Nota. Elaboración propia.**Tabla 17***Cuadro resumen de diseño de cimentaciones corridas*

Df (m)	B (m)	q_u (km/cm²)		FS	q_{adm} (km/cm²)	
		Terzaghi	Meyerhof		Terzaghi	Meyerhof
0.50	0.60	0.36	0.87	3	0.12	0.29
	0.80	0.41	1.06	3	0.14	0.35
	0.90	0.44	1.09	3	0.15	0.36
0.60	0.60	1.16	1.39	3	0.39	0.46
	0.80	1.21	0.78	3	0.40	0.26
	0.90	1.24	0.85	3	0.41	0.28
0.80	0.60	1.22	1.86	3	0.41	0.62
	0.80	1.27	0.98	3	0.42	0.33
	0.90	1.30	1.04	3	0.43	0.35
0.90	0.60	1.57	2.18	3	0.52	0.73
	0.80	1.69	1.19	3	0.56	0.40
	0.90	1.82	1.25	3	0.61	0.42

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18*Cuadro resumen asentamiento flexible y rígido en cimentaciones cuadradas*

Df (m)	B (m)	L (m)	Asentamiento Flexible (cm)			Asentamiento Rígido (cm)
			Esquina	Centro	Promedio	
1.00	1.50	1.50	0.19	0.39	0.33	0.34
	2.00	2.00	0.22	0.43	0.37	0.38
	2.50	2.50	0.29	0.59	0.50	0.52
1.20	1.50	1.50	0.17	0.35	0.29	0.30
	2.00	2.00	0.25	0.50	0.42	0.44
	2.50	2.50	0.33	0.66	0.56	0.58
1.30	1.50	1.50	0.18	0.36	0.31	0.32
	2.00	2.00	0.26	0.52	0.44	0.45
	2.50	2.50	0.34	0.69	0.59	0.61
1.50	1.50	1.50	0.20	0.39	0.33	0.35
	2.00	2.00	0.28	0.56	0.47	0.49
	2.50	2.50	0.37	0.74	0.63	0.65

Nota. Elaboración propia.**Tabla 19***Cuadro resumen asentamiento flexible y rígido en cimentaciones corridas.*

Df (m)	B (m)	L (m)	Asentamiento Flexible (cm)			Asentamiento Rígido (cm)
			Esquina	Centro	Promedio	
0.50	1.50	1.50	0.04	0.09	0.07	0.08
	2.00	2.00	0.07	0.13	0.11	0.12
	2.50	2.50	0.08	0.16	0.13	0.14
0.60	1.50	1.50	0.14	0.28	0.24	0.24
	2.00	2.00	0.19	0.39	0.33	0.34
	2.50	2.50	0.22	0.44	0.38	0.39
0.80	1.50	1.50	0.15	0.29	0.25	0.26
	2.00	2.00	0.20	0.40	0.34	0.36
	2.50	2.50	0.23	0.46	0.39	0.41
0.90	1.50	1.50	0.19	0.37	0.32	0.33
	2.00	2.00	0.27	0.54	0.46	0.47
	2.50	2.50	0.32	0.65	0.55	0.57

Nota. Elaboración propia

Tabla 20*Cuadro resumen de asentamientos diferenciales en cimentaciones cuadradas*

Df (m)	B (m)	L (m)	Asentamiento flexible (cm)		δ (cm)	α (cm)	α E.050 (cm)	CONDICIÓN
			Esquina	Centro				
1.00	1.50	1.50	0.19	0.39	0.19	0.00194	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.22	0.43	0.22	0.00163	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.29	0.59	0.29	0.00176	0.00667	CUMPLE
1.20	1.50	1.50	0.17	0.35	0.17	0.00173	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.25	0.50	0.25	0.00186	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.33	0.66	0.33	0.00199	0.00667	CUMPLE
1.30	1.50	1.50	0.18	0.36	0.18	0.00180	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.26	0.52	0.26	0.00194	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.34	0.69	0.34	0.00207	0.00667	CUMPLE
1.50	1.50	1.50	0.20	0.39	0.20	0.00196	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.28	0.56	0.28	0.00209	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.37	0.74	0.37	0.00222	0.00667	CUMPLE

Nota. Elaboración propia.**Tabla 21***Cuadro resumen de asentamientos diferenciales en cimentaciones cuadradas*

Df (m)	B (m)	L (m)	Asentamiento flexible (cm)		δ (cm)	α (cm)	α E.050 (cm)	CONDICIÓN
			Esquina	Centro				
0.50	1.50	1.50	0.04	0.09	0.04	0.00043	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.07	0.13	0.07	0.00049	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.08	0.16	0.08	0.00047	0.00667	CUMPLE
0.60	1.50	1.50	0.14	0.28	0.14	0.00139	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.19	0.39	0.19	0.00145	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.22	0.44	0.22	0.00133	0.00667	CUMPLE
0.80	1.50	1.50	0.15	0.29	0.15	0.00146	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.20	0.40	0.20	0.00152	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.23	0.46	0.23	0.00139	0.00667	CUMPLE
0.90	1.50	1.50	0.19	0.37	0.19	0.00187	0.00667	CUMPLE
	2.00	2.00	0.27	0.54	0.27	0.00202	0.00667	CUMPLE
	2.50	2.50	0.32	0.65	0.32	0.00195	0.00667	CUMPLE

Nota. Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

1. Según los resultados realizados a seis calicatas se obtuvieron humedades que varían entre 7.63 % y 11.69 % a profundidades variables sobre el nivel de aguas freáticas. El calculo de las mismas se determinó aplicando la formula del contenido de agua y se respetó el procedimiento de ejecución de ensayos estipulados en la NTP 339.127.
2. En lo referente a los pesos específicos realizados a las seis calicatas se obtuvieron valores mínimos y máximos, que fluctúan en 1.48 g/cm³ a 1.58 g/cm³. Su determinación se realizó respetando los protocolos de ensayo de la prueba de densidad de campo según la NTP 339.143
3. Según su distribución granulométrica las seis calicatas se clasifican como una uniforme con simbología SP según SUCS, y una codificación A-2-4 según AASHTO.
4. Referido al grado de empaquetamiento natural de sus partículas en condiciones in situ se obtuvieron densidades relativas que varían entre los siguientes rangos:

Auscultación	Rango
A-1	66% – 94%
A-2	69% – 94%
A-3	69% – 93%

Valores obtenidos respetando los protocolos de ejecución de la prueba de DPL estipulados en la NTP 339.159.

5. Referente a los límites de Atterberg se obtuvieron valores de IP de tipo no plástico y limites líquidos nulos. Se respeto los protocolos de ejecución planteados por NTP 339.129.
6. En lo referido a la gravedad especifica relativa de las partículas sólidas, realizadas a seis calicatas, se obtuvieron valores que varían entre 2.62 a 2.68. Respetando los protocolos de ensayos de la NTP 339.131.

7. Para la determinación de los parámetros hidráulicos se obtuvieron coeficientes de permeabilidad in situ, mediante métodos empíricos indirectos, que varían según cuadro adjunto.

Perforación	K (cm/s)
P-1	0.160
P-2	0.183
P-3	0.167

8. Para la determinación de los parámetros de resistencia del suelo de fundación se seleccionaron tres auscultaciones ubicadas estratégicamente en la zona de estudio y mediante el método de ensayo normalizado con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL) planteada en la NTP 339.159 se obtuvieron los siguientes resultados:

	Z	Ø prom
A-1	1.00 - 1.50	29.14
	1.50 - 2.00	
	2.00 - 2.50	
	2.50 - 3.00	
	3.00 - 3.50	
A-2	1.00 - 1.50	28.42
	1.50 - 2.00	
	2.00 - 2.50	
	2.50 - 3.00	
	3.00 - 3.50	
A-3	1.00 - 1.50	27.65
	1.50 - 2.00	
	2.00 - 2.50	
	2.50 - 3.00	
	3.00 - 3.50	

9. En relación al punto anterior, en base a los ángulos de fricción y en contraste con lo recomendado en la norma de Suelos y Cimentaciones E.050, se determinaron las capacidades de carga admisibles del suelo bajo los criterios de Terzaghi y Meyerhof. Dichos valores fueron calculados considerando diferentes propuestas según la geometría de la cimentación:

Df (m)	B (m)	q _{adm} (km/cm ²)	
		Terzaghi	Meyerhof
1.00	1.50	0.38	1.31
	2.00	0.41	1.45
	2.50	0.45	1.47
1.20	1.50	0.44	1.17
	2.00	0.47	0.78
	2.50	0.50	0.83
1.30	1.50	0.46	1.32
	2.00	0.49	0.89
	2.50	0.52	0.95
1.50	1.50	0.50	1.65
	2.00	0.53	1.15
	2.50	0.56	1.20

10. En lo referente a los asentamientos para cimentaciones superficiales, basados en la teoría de la elasticidad se determinaron los siguientes asentamientos.

Df (m)	Asentamiento Flexible (cm)			Asentamiento Rígido (cm)	δ
	Esquina	Centro	(cm)		
1.00	0.19	0.39	0.19	0.34	0.19
	0.22	0.43	0.22	0.38	0.22
	0.29	0.59	0.29	0.52	0.29
1.20	0.17	0.35	0.17	0.30	0.17
	0.25	0.50	0.25	0.44	0.25
	0.33	0.66	0.33	0.58	0.33
1.30	0.18	0.36	0.18	0.32	0.18
	0.26	0.52	0.26	0.45	0.26
	0.34	0.69	0.34	0.61	0.34
1.50	0.20	0.39	0.20	0.35	0.20
	0.28	0.56	0.28	0.49	0.28
	0.37	0.74	0.37	0.65	0.37

11. En función a lo dispuestos a la norma de Suelo y Cimentaciones E.050 se obtuvieron distorsiones angulares bajo la condición $\alpha < 1/150$ para daño estructural en edificios convencionales en función a sus asentamientos elásticos.

Df (m)	α (cm)	α E.050 (cm)	CONDICIÓN
1.00	0.00194	0.00667	CUMPLE
	0.00163	0.00667	CUMPLE
	0.00176	0.00667	CUMPLE
1.20	0.00173	0.00667	CUMPLE
	0.00186	0.00667	CUMPLE
	0.00199	0.00667	CUMPLE
1.30	0.00180	0.00667	CUMPLE
	0.00194	0.00667	CUMPLE
	0.00207	0.00667	CUMPLE
1.50	0.00196	0.00667	CUMPLE
	0.00209	0.00667	CUMPLE
	0.00222	0.00667	CUMPLE

CONCLUSIONES

1. En relación a la estratigrafía del suelo, se concluye que el posicionamiento de la napa freática, según puntos de exploración, no es constante, fluctuando entre 0.80 m. a 2.50 m de profundidad medidos a nivel de terreno natural.
2. Referente a la humedad natural, a la profundidad explorada se concluye que el suelo se encuentra en condiciones de mediana humedad.
3. En relación al tipo de suelo según clasificación SUCS es SP Y AASHTO con índice de grupo 0 se concluye que el suelo de fundación es de regular a buena calidad considerando las afectaciones de la napa freática.
4. En relación a los valores obtenidos de la compacidad relativa y en función a profundidades de desplante mayores a 1.50 m. se concluye que el suelo granular se encuentra en condiciones **muy densas**.
5. En relación a los valores obtenidos por los coeficientes de permeabilidad que fluctúan entre 0.160 cm/s a 0.187 cm/s, se concluye que clasifica como un suelo de buen drenaje.

6. Para la determinación de la capacidad de carga última, tomando en cuenta la condición del suelo con una compacidad relativa muy densa, se tomó la ecuación de Terzaghi por cortante general por dar resultados conservadores, estimándose diferentes profundidades de desplante y diferentes anchos de cimentación y bajo afectaciones de posicionamiento del nivel freático.
7. Para la determinación de la capacidad de carga admisible del suelo, se consideró un factor de seguridad de 3, según recomendaciones dadas por la norma E.050 de Suelos y Cimentaciones, además de la naturaleza del suelo de fundación y tipos de edificaciones comunes del distrito de Moche.
8. Con relación a los asentamientos inmediatos medidos bajo la teoría de la elasticidad y en contraste a los valores de distorsión angular propuestos en la norma, se concluye que las distorsiones angulares obtenidas están por debajo de los límites permisibles que se deben esperar para daños estructurales en edificios convencionales.
9. Referente a las condiciones naturales en que se encuentran los suelos de fundación, afectaciones de la napa freática y bajo profundidad de desplante recomendada de 1.50 m. y zapatas cuadradas de 2.00 m. como mínimo, se concluye como mejor alternativa de cimentación las zapatas cuadradas conectadas por vigas de cimentación, apoyadas bajo una capa de material que funcione como sistema de subdrenaje. El espesor debe ser calculado mediante un análisis de esfuerzos.

RECOMENDACIONES

1. Dado las características del suelo y posicionamiento de la napa freática, se recomienda realizar investigación referente al fenómeno de licuación de suelos, para evaluar su grado de potencialidad, medidos mediante métodos simplificados basados en resultados de pruebas in situ.
2. Para la determinación de los parámetros de resistencia del suelo, se recomienda extender la investigación realizando un análisis comparativo entre

pruebas de campo y de laboratorio, tales como la prueba es SPT, triaxiales y de corte directo.

3. Se recomienda que los resultados obtenidos en la presente investigación sean tomados como base por la Municipalidad Distrital de Moche como parámetros dentro de su Plan de Desarrollo Urbano.
4. Se recomienda realizar investigaciones aplicando pruebas geofísicas de superficie, tales como métodos eléctricos, métodos sísmicos y ensayos de deformabilidad in situ (ensayo de placa y carga).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Mogollón, L. J., & Mejía Zapata, L. M. (2019). *Estudio de zonificación geotécnica para el diseño de cimentaciones superficiales en el centro poblado San Pablo Sur del distrito de Catacaos-Piura 2019*. Tesis de licenciatura, Antenor Orrego Private University.
- Astocondor Peñarrieta, D. (2020). *Estudio de zonificación de los suelos para fines de cimentación superficial del sector Pómape del distrito de Monsefú-Chiclayo*. Tesis de licenciatura, Universidad San Martín de Porres.
- Bowles, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería civil*. México: Mc Graw – Hill.
- Braja, M Das. (2006). *Ingeniería de Cimentaciones (5ª. ed.)*. Sacramento: Cengage Learning Editores.
- Braja, M Das. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (4a ed.)*. Sacramento: Cengage Learning Editores.
- Carranza Morales, I. F., & Ponce Torres, A. F. (2017). *Estudio de zonificación geotécnica en el Sector III del Centro Poblado El Milagro para el diseño de cimentaciones superficiales*. Tesis de licenciatura, Antenor Orrego Private University.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Limusa S.A.
- Condori Lima, E. C. (2022). *Zonificación geotécnica para el diseño de cimentación superficial en la urbanización Villa los Triunfadores Caracoto–Puno 2021*. Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo.
- Cossio, A. y Jaén, H. (1967). *Geología de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa*. Lima: Servicio de Geología y Minería.
- Cotrina Velásquez, J. W. (2017). *Zonificación geotécnica de los suelos de fundación, mediante el ensayo de corte directo y DPL en la urbanización Los Girasoles-Jaén-2016*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca.

- García, J. (2007). *Análisis comparativo del fenómeno de Licuación en arenas. Aplicación a Tumaco (Colombia)*. Tesis Doctoral en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Huayra Canales, L., & Paitan Ccanto, C. (2019). *Zonificación geotécnica del sector de Chuñuranra del centro poblado de Callqui Chico del distrito de Huancavelica, provincia de Huancavelica*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica.
- Juárez, E. y Rico, A. (2011). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos - Tomo II*. México D.F.: Limusa S.A.
- Lambe, W. (2014). *Mecánica de Suelos (2a ed.)*. México: Limusa.
- Montes Calderón, K. M., & Paredes Julca, I. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad geotécnica-sísmica en edificaciones del casco urbano, distrito de La Unión-departamento de Piura-provincia de Piura*. Tesis de licenciatura, Antenor Orrego Private University.
- Norma Técnica de Edificaciones (2009). *E.060 Concreto Armado*. Lima.: El Peruano.
- Norma Técnica de Edificaciones (2014). *E.050 Suelos y Cimentaciones*. Lima.: El Peruano.
- Norma Técnica de Edificaciones (2016). *E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima.: El Peruano.
- Pinillos Cosme, P., & Vásquez García, G. (2022). *Estudio de los suelos de la urbanización Villa de Contadores de la ciudad de Trujillo-La Libertad y propuestas de mejoramiento para fines de cimentaciones superficiales*. Tesis de licenciatura, Antenor Orrego Private University.
- Tarqui Montalico, E. Y. (2012). *Zonificación geotécnica para cimentaciones superficiales en la zona urbana del distrito de Mazocruz, el Collao, Dpto de Puno*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Yanapa Mamani, E. A., & Aquisé Calloapaza, J. C. (2017). *Zonificación Geotécnica y capacidad portante para cimentaciones Superficiales en la Zona Noroeste de la Ciudad de Juliaca*. Tesis de licenciatura, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

ANEXOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUEDAD
(NTP 339.127)

**ANÁLISIS GRANULOMETRICO
POR TAMIZADO
(NTP 339.128)**

LÍMITES DE ATTERBERG
(NTP 339.129)

GRAVEDAD ESPECÍFICA
(NTP 339.131)

CLASIFICACIÓN S.U.C.S.
(NTP 339.134)

CLASIFICACIÓN AASHTO

**DENSIDAD NATURAL – MÉTODO
DEL CONO DE ARENA
(NTP 339.143)**

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PESO ESPECÍFICO SATURADO

PERFIL ESTATIGRÁFICO

**CÁLCULO DE CAPACIDAD
ADMISIBLE POR TERZAGHI
(CIMENTACIONES CORRIDAS)**

**CÁLCULO DE CAPACIDAD
ADMISIBLE POR TERZAGHI
(CIMENTACIONES CUADRADAS)**

**CÁLCULO DE CAPACIDAD
ADMISIBLE POR MEYERHOF
(CIMENTACIONES CORRIDAS)**

**CÁLCULO DE CAPACIDAD
ADMISIBLE POR MEYERHOF
(CIMENTACIONES CUADRADAS)**

**CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS
FLEXIBLES Y RÍGIDOS
(CIMENTACIONES CORRIDAS)**

**CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS
FLEXIBLES RÍGIDOS
(CIMENTACIONES CUADRADAS)**

PANEL FOTOGRAFICO

Figura 1

Identificación del área de estudio 01



Figura 2

Identificación del área de estudio 02



Figura 3

Realización de la Calicata 01



Figura 4

Realización de la Calicata 02



Figura 5

Realización de la Calicata 03



Figura 6

Realización de la Calicata 04



Figura 7

Realización de la Calicata 05



Figura 8

Medición de la Calicata 05



Figura 9

Realización de la Calicata 06



Figura 10

Medición de la Calicata 06



Figura 11

Preparación de calicata para el Ensayo de Humedad en Campo



Figura 12

Realización del Ensayo de Humedad en Campo



Figura 13

Realización del Ensayo de Densidad en Campo



Figura 14

Recolección del material en el Ensayo de Densidad en Campo



Figura 15

Realización del Ensayo de DPL



PLANOS