



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**MANUAL PRÁCTICO PARA EL DISEÑO
GEOTECNICO DE FUNDACIONES AISLADAS
Y PILOTES DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ.**

Autor: Pablo Concepción
C.I.26.337.427

Tutor Académico: Ing. Jutzy Herrada

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (Máster) – Fax: (0241) 8712394



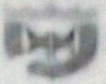
**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**MANUAL PRÁCTICO PARA EL DISEÑO GEOTECNICO
DE FUNDACIONES AISLADAS Y PILOTES DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autor:
Concepción López Pablo Enrique
C.I.26.337.427
Tutor:
Ing. Jutzy Herrada

San Diego, Septiembre del 2019



FL-L-006-2019-JCR(TG)

Valencia, 04 de diciembre de 2019

Ciudadano:
Concepción L. Pablo E.
26.337.427
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2019 de fecha 06-09-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **MANUAL PRÁCTICO PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO DE FUNDACIONES AISLADAS Y PILOTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Jutzy Herrada C.I: 12.809.606 como Tutora Académica que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1)

Llwa

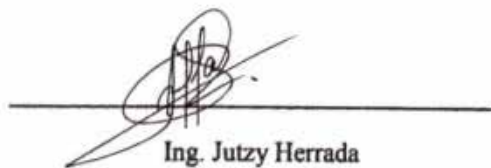


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero **Jutzy Herrada** portadora de la cédula de identidad N°**12.809.606**, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por el ciudadano **Pablo Enrique Concepción López**, portador de la cédula de identidad N°**26.337.427**, **MANUAL PRÁCTICO PARA EL DISEÑO GEOTECNICO DE FUNDACIONES AISLADAS Y PILOTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**. Presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe

En San Diego, a los 17 días del mes de Febrero del año dos mil veinte.



Ing. Jutzy Herrada



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

San Diego, Septiembre de 2019

ACTA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Quiénes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado **MANUAL PRÁCTICO PARA FUNDACIONES Y MUROS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos por su aprobación, recomienda su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Nombre del Tutor

Firma

Fecha

Ing. Jairo Herrera

21-09-2019

Nombre del Tutor Metodológico

Firma

Fecha

Ing. Alicia De Pazola

26-9-19

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado primeramente a DIOS, por bendecirme, protegerme y guiarme durante esta hermosa etapa de mi vida, y alcanzar unas de las metas más importantes de mi vida.

A mi padre **Pablo Concepción** que este donde este, me crio y formo como un hombre con principios y valores, para ser un gran profesional, con ética y moral.

A mi madre **Gisela López** por ser la excelente mujer y madre que ha sido conmigo, acompañándome durante esta travesía con mucho amor y comprensibilidad ante los momentos más críticos durante mi vida universitaria.

A mi hermana **Yindy Ramírez** y cuñado **José Uzcatogui**, por apostar y confiarme en mis capacidades estudiantiles, al hacerse cargo de mis estudios.

A mi hermana **Gily Ramírez** y cuñado **Wolfgang Veliz**, por darme los mejores consejos y apoyo moral durante el transcurso de mi carrera.

A mis amigos, **Arianny Gutiérrez, Daylibeth López, Iván Crialese, Paula Mesa, Carlos Loaiza, Carlos Sanjuán y Daniella Guerra**, por apoyarme y ayudarme durante mi vida estudiantil, siempre estaré eternamente agradecido con todos ustedes.

A todo el resto de mis amigos, gracias por su eterna amistad, sin sus locuras la universidad no hubiese sido la misma.

Y por último a todos los profesores, por todo el conocimiento impartido, paciencia y dedicación, muy especialmente a mi tutora **Jutzy Herrada**, por creer y apostar en mi idea con respecto al trabajo de grado.

Simplemente gracias a todos por todo, sin ustedes esto no sería posible.

Atte.: Pablo “PAMBLO” Concepción

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE FIGURA.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación.....	5
1.5. Alcance.....	6
II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Generalidades de suelo de fundación.....	10
2.2.2. Clasificación de los suelos.....	10
2.2.3. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).....	11
2.2.4. Estudio geotécnicos.....	12
2.2.5. Mecánica de los suelos.....	12
2.2.5.1. Peso.....	14
2.2.5.2. Volumen.....	14
2.2.5.3. Relaciones volumétricas.....	15
2.2.5.4. Relaciones gravimétricas.....	16
2.2.5.5. Fundaciones.....	17
2.2.5.6. Tipos de fundaciones.....	17
2.2.5.6.1. Fundaciones superficiales.....	17
2.2.5.6.2. Fundaciones profundas.....	20
2.2.6. Muros de contención.....	22
2.2.7. Empujes de tierra.....	24
2.3. Bases legales.....	25
2.4. Definición de términos básicos.....	26
III MARCO METODOLÓGICO	

3.1. Tipo de la investigación.....	29
3.2. Diseño de la investigación.....	30
3.3. Nivel de la investigación.....	30
3.4. Población y Muestra.....	31
3.5. Técnica e instrumentación de recolección de datos.....	31
3.5.1. Revisión documental.....	32
3.5.2. Revisión bibliográfica.....	32
3.5.3. Encuesta.....	32
3.6. El instrumento de recolección de datos.....	33
3.7. Validación del instrumento.....	33
3.8. Fases metodológicas.....	34
IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1. Fase I: Diagnóstico de la situación actual.....	35
4.2. Definición de las bases teóricas.....	43
4.3. Elaboración del manual práctico.....	64
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones.....	66
5.2. Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	69
ANEXOS	
A. Instrumento a utilizar en las encuestas.....	70
B. Validación del instrumento.....	73
C. Confiabilidad del instrumento.....	77
APÉNDICE	
A. MANUAL PRACTICO PARA FUNDACIONES Y MUROS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pagina
1. Tabla Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	11
2. Fundación aislada.....	17
3. Fundaciones corridas o continuas.....	17
4. Losa de fundaciones.....	18
5. Hinchamiento de pilotes.....	21
6. Muro de gravedad.....	22
7. Muro en voladizo o ménsula.....	22
8. Muro contrafuerte.....	23
9. Empuje activo.....	23
10. Empuje pasivo.....	24
11. Empuje de reposo.....	24



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CIVIL
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

**MANUAL PRÁCTICO PARA FUNDACIONES Y MUROS
DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

Autor: Pablo Concepción
Tutora: Ing. Jutzy Herrada
Fecha: Septiembre 2019

RESUMEN INFORMATIVO

Teniendo en cuenta la falta de material de apoyo didáctico para el aprendizaje y comprensión de dicha cátedra, a parte de la baja expectativa a las notas finales. El presente trabajo tuvo como propósito brindar un apoyo documental didáctico a los estudiantes y docentes de pregrado en la cátedra de fundaciones y muros, de la escuela de Ingeniería Civil, a través de la elaboración de un manual práctico de fundaciones y muros, con el objeto de conseguir una mejor eficiencia intelectual y comprensiva para dicha materia, para luego ser ejecutada en el ámbito laboral, con una elaboración para el aprendizaje rápido, y fácil de la asignatura, atendiendo así a las inquietud del estudiante y docente de dicha materia.

Descriptores: Manual, practico, fundaciones, muro.

INTRODUCCIÓN

En los trabajos de Ingeniería Civil es indispensable el dominio de las fundaciones y muros, ya que para cualquier tipo de proyecto estructural es necesario realizar unas buenas bases para que dichas estructuras soporten, ya sea cargas estructurales o retención de material rocoso o líquido antes, durante y después de la construcción. El ingeniero civil debe ser quien domine y maneje la situación y el aspecto estructural de todo proyecto, estableciendo un cálculo previo de cargas y esfuerzos, horizontales, verticales, aparte de las fuerzas sísmicas y movimiento del suelo.

Por ende los estudiantes de Ingeniería Civil deben entender la estructuración de las fundaciones y los muros, al ser esencial en su carrera, debido a que un mal manejo de concepto o especificaciones a la hora de hacer un pre dimensionado o verificación de fundaciones o de muros, la obra podría llegar al fracaso.

En el presente proyecto de grado se realizara un manual práctico de fundaciones y muros para la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en el municipio San Diego, ya que se percibe dificultad en el aprendizaje y comprensión de los diversos tipos de fundaciones y muros, sus cálculos y más aún la tomas de decisión según el criterio para saber qué tipo de fundaciones o muros se va a realizar, según exija el ejercicio o el proyectista, esto se debe a la falta de un material didáctico practico que permita que los estudiantes de dicha materia mencionada, entiendan de forma rápida y eficaz cada uno de los criterios, pre dimensionados y verificación, de dichos elementos. Esto genera en los estudiantes dificultad en el aprendizaje, por lo cual presentan fallos a la hora de evaluación, trabajo o proyecto, agregado a los criterios, pre dimensionado y verificación de las mismas

El trabajo de grado presentado está conformado por cuatro capítulos, los cuales a su vez están estructurados de la siguiente manera:

Capítulo I, contiene el planteamiento y formulación del problema, los objetivos de la investigación y la justificación y alcances de la investigación

El Capítulo II, presenta el marco teórico de la investigación con los antecedentes, bases teóricas, así como la determinación de los términos básicos. Los cuales sustentan la investigación para desarrollar la guía.

En el Capítulo III, se describe el marco metodológico, el tipo, diseño y nivel de la investigación, así como las técnicas e instrumentos utilizados en la recolección de datos y la metodología de la investigación.

El Capítulo IV, referido a la presentación y análisis de resultados de las fases metodológicas

El Capítulo V, referido a las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de grado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del problema.

La geotecnia en fundaciones y muros es fundamental en la Ingeniería Civil, ya que la mayoría de las obras se encuentran apoyadas y estabilizadas por unas estructuras dentro y sobre de la superficie de la tierra y muchas de ellas utilizan los muros como medio de captación, y las fundaciones como distribución y soporte de las cargas implementadas en la superestructura, teniendo como objetivo que la obra no tenga ningún tipo de asentamientos en la superficie y por ende la estructura colapse, y los muros para la detención o contención de las masas que existen en el suelo. De esta manera los dos en conjunto trabajan como la unión perfecta para la obtención de una excelente obra.

En los trabajos de Ingeniería Civil es imprescindible el dominio geotécnico de fundaciones y muros, tanto en el campo como en la teoría. Ya que la experiencia adquirida en aula es fundamental para el dominio de los diferentes métodos y teorías para hacer el pre dimensionado y verificación en las fundaciones y muros en un suelo respectivo y así realizar la construcción de ellos, según los cálculos ya verificados en el campo de trabajo. En todo tipo de obra civil que se ejecute es necesario dominar, manejar la situación y el aspecto estructural de todo proyecto.

Por ende la información suministrada por parte de la documentación o bibliografía para dicha materia, debe ser de forma clara y concisa, para que el estudiante, no tenga problemas ni disyuntivas a la hora del entendimiento de dicha materia, en la cual, no es así, debido a que hay una gran variedad de información suministrada con respecto al método estructural como en los libros de fundaciones y muros, tales como el libro de Braja Das, el libro de Fratelli, el

libro de Crespo Villalaz, así como otros materiales bibliográficos, pero no hay un libro, manual o documentación enfocado al método geotécnico. Debido a la gran variedad de información estructural, en donde cada material documental, trae conclusión y procedimientos diferentes, pero poca variedad en el diseño completamente geotécnico, esto conlleva a que estudiantes cursantes de dicha materia, a la hora de buscar información como material de apoyo para el método geotécnico, obtenga una disyuntiva suficientemente alta, ya que, a pesar de estar claro en el entendimiento de la materia, dichas informaciones suministradas de dichos libros antes mencionados, almacenan informaciones con un enfoque estructural pero no geotécnico, en la cual esto conlleva a la disyuntiva en incertidumbre del estudiante a la hora de realizar un ejercicio o complementar la información por dicho método geotécnico.

El objetivo del plan de estudio de la asignatura de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en San Diego Estado Carabobo, busca que el estudiante sea capaz de pre dimensionar, verificar, analizar y solucionar problemas ante cualquier tipo de fundaciones o muros. Este proyecto de grado está orientado a mejorar el proceso de aprendizaje de la materia, al dar un material extra para los estudiantes y profesores de la Escuela de Ingeniería Civil, para que la información suministrada sea uniforme y constante para evitar dichas disyuntivas e incertidumbres en un diseño geotécnico, aparte de la accesibilidad y practicidad que tendrán los estudiantes a la hora de buscar y realizar los ejercicios requeridos por cada tema, dando así a un formato para un manual práctico, que permita desarrollar la metodología de cada uno de los temas de la asignatura y presentar ejercicios requeridos para su comprensión.

Siendo esto, indispensable para mejorar el aprendizaje en los cálculos de fundaciones y muros, en donde se ha logrado identificar fallas en la comprensión de los temas, que concierne a la relación que debe haber entre la enseñanza impartida en clase y la metodología de calificación de la asignatura. Obteniendo

así un déficit en las calificaciones, a parte del entendimiento de los procedimientos para el pre dimensionamiento, verificación, análisis y solución, en la cual pueden verse afectados los estudiantes, que por falta de efectividad del método de aprendizaje carecen de la comprensión de los cálculos de fundaciones y muros a parte del déficit del bajo rendimiento académico de las materias básicas a esta asignatura, que dificultan las clases impartidas por el docente. Por estas razones, se ve la necesidad de plantear un manual práctico para los estudiantes de Fundaciones y Muros de la Universidad José Antonio Páez de San Diego Edo Carabobo.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se puede mejorar el aprendizaje estudiantil a través del manejo de información adecuada para el diseño geotécnico en la asignatura de Fundaciones y Muros de la Universidad José Antonio Páez?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer el diseño de un manual práctico para Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual de la comprensión en la asignatura de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.
2. Definir las bases teóricas de la asignatura de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.
3. Diseñar el manual práctico para Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

1.4. Justificación

Debido a la baja diversidad de información de materiales documentales de diseño geotécnica de fundaciones y muros debido a que hay más material bibliográfico enfocado al método estructural, conlleva a que el estudiante no este

cien por ciento claro en los criterios y tomas de decisiones a la hora de pre dimensionar, verificar y elaborar una fundación o muro por el diseño geotécnico. Este manual práctico de fundaciones y muros, servirá para orientar y aclarar las dudas y disyuntivas en como pre dimensionar, verificar, analizar y solucionar cualquier tipo de fundaciones y muros sobre cualquier superficie dentro de los métodos geotécnicos, para obtener los resultados necesarios en las horas dadas en la asignatura, Ayudando a los estudiantes a tener un mayor desenvolvimiento en ella, para identificar los tipos de soluciones, tipos de materiales y dimensiones de fundaciones y muros ante cualquier proyecto u obra civil durante el ejercicio de la carrera en el campo. Esto beneficiará a los estudiantes de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

1.5. Alcance del proyecto

El presente “manual” tiene como área de estudio parte del sistema de educación del Municipio San Diego, demarcado por la Universidad José Antonio Páez, Estado Carabobo, en la metodología de la asignatura de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil, en donde se enfocara solamente en el diseño geotécnico de fundaciones superficiales y profundas, por lo cual se tomara como información los diferentes estudios y bibliografías existentes sobre dicho método. Adicionalmente, se cuenta con la información suministrada por la cátedra de Fundaciones y Muros, Geología y Mecánica de los Suelos de la facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez por los profesores de Fundaciones y Muros (**Ing. Luis Rodríguez**), Geología, Mecánica de los Suelos y Materiales y Ensayos (**Ing. Alba Sanabria**), Concreto Armado II (**Ing. Jutzy Herrada**). Se desea lograr implementar un manual práctico para la cátedra de Fundaciones y Muros, además de facilitar la construcción del conocimiento en el cálculo de pre dimensionamiento, verificación, análisis y solución de ejercicios prácticos de fundaciones y muros, así como la teoría de la misma, a parte de un contenido de nivelación, para refrescar y recordar temas necesarios para la

ejecución y explicación de los temas para que los alumnos de dicha asignatura de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez en el municipio San Diego del Estado Carabobo mejoren sus procesos de aprendizaje a través de la implementación de este manual práctico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes de la investigación.

Lucero, Pachacama, Rodríguez. (2012) presentaron su proyecto de grado de estructuras titulado **“Análisis y Diseño de Muros de Contención”**, para optar al título de Ingenieros Civiles en la Universidad Central de Ecuador (UCE). El proyecto de grado está enfocado en la elaboración de un manual práctico de forma simplificada de análisis y diseño de muros de contención y revestimiento, para que, tanto el estudiante de ingeniería, como el profesional de la rama, tengan una guía y ayuda para resolver de la manera más adecuada y práctica los diferentes diseños.

El método implementado en la construcción de este manual, implica para su desarrollo una temática que tiene en cuenta las opiniones y necesidades del estudiante frente a la asignatura de fundaciones II, con el objetivo de rastrear las fortalezas y/o debilidades en el proceso de aprendizaje teórico-práctico de la asignatura. El análisis estadístico de las respuestas de los estudiantes a encuestas no solo permitió identificar las problemáticas al interior del proceso de aprendizaje, sino que también permitió justificar la utilización de guías de trabajo como una herramienta que complementa y apoya la formación académica del ingeniero en estructuras de concreto armado.

Del mismo modo, Ramírez. (2007), presento su trabajo de grado titulado **“Guía práctica simplificada para la construcción y seguimiento de obras relacionadas con pantallas atirantadas”** para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB). El trabajo de grado está enfocado en la elaboración de una guía sistemática del proceso constructivo y criterios de control durante la ejecución de obras relacionadas con pantallas atirantadas. Haciendo seguimiento del proceso constructivo como solución para los problemas de estabilidad.

En este orden de ideas Camejo, Rodríguez. (2016) presentaron su estudio de trabajo de grado titulado **“Diseño de un material didáctico para la introducción al análisis estructural mediante el método de elementos finitos adaptado a la unidad curricular de estructuras avanzadas”**, para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad De Carabobo (UC). En este trabajo de grado está centrado en diseñar un material digital didáctico para la introducción al análisis estructural mediante el método de elementos finitos pertinente a la unidad curricular de Estructuras Avanzadas.

En la cual se busca de manera objetiva diseñar un material didáctico que aborde el Método de elementos Finitos y pueda ser difundido a través del Aula virtual o cualquier otro medio que genere el acceso a la información presentada, adecuándose a la unidad curricular de Estructuras, además de permitirle a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil una mejor comprensión y aprendizaje de las nuevas tecnologías en cuanto software de cálculo y análisis estructural logrando cumplir con las características que menciona el perfil del egresado y el plan de estudios.

Por último, NijPatzán, Jéser Esaú De Jesús (2009), realizó un trabajo de grado titulado **“Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas”**, para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala (USCG), en el cual el informe reúne algunas de las principales ecuaciones y métodos para determinar la capacidad de carga o capacidad portante del suelo dependiendo del tipo de cimentación con la que se desee trabajar; ampliando el concepto de capacidad de carga del suelo y analizándolo por medio del modelo de Khristianovich, los tipos de falla que ocurren dependiendo de las condiciones del suelo y la cimentación para posteriormente presentar los ensayos por medio de los cuales la capacidad de carga puede ser obtenida. Este trabajo es de ayuda para la investigación realizada, debido a que muestra una guía práctica para el cálculo de capacidad de carga de cimentaciones superficiales, sirviendo de apoyo para el desarrollo del diseño geotécnico para cada tipo de fundación superficial.

2.2.- Bases Teóricas.

2.2.1.- Generalidades de Suelo de Fundación.

Según Fratelli, María (1993), los suelos son el producto del desgaste o desintegración de las rocas de la corteza terrestre, debido a los agentes atmosféricos y a los diferentes procesos físicos-químicos en la naturaleza.

Por suelo se entiende todo depósito de partículas minerales y orgánicas disgregadas, íntimamente asociadas entre sí, pertenecientes al manto rocoso de la litósfera, las cuales presentan diferentes grados de cohesión y fuerzas intermoleculares que las mantienen vinculadas.

Por regla general, todo lo que se construye resulta soportado directa o indirectamente por el suelo de fundación. Independientemente del tamaño o función de una edificación, su forma o ubicación geográfica, debe apoyar sobre el terreno que la sustenta. Este debe resistir la totalidad de las cargas que le transmiten las columnas y muros a través de sus bases, tales como las cargas permanentes, sobrecargas móviles, el peso de los fluidos o materiales granulares almacenados, cargas de vientos, sismo, vibratorias, de impacto, entre otras; asegurando la estabilidad del conjunto y una correcta interacción suelo-fundaciones-superestructuras, así como el buen funcionamiento de las instalaciones y servicios auxiliares y complementarios.

2.2.2.- Clasificación de los suelos.

González de Vallejo, Luis (2002), señala que para estudiar un material complejo como el suelo (con diferentes tamaños de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de propiedades, de forma que se constituya un lenguaje fácilmente comprensible por los técnicos de diferentes especialidades y países. Así se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría (Normas D.I.N., A.S.T.M., A.E.N.O.R., etc.).

· Gravas

Con tamaño de grano entre unos 8-10 cm y 2 mm; se caracterizan porque los granos son observables directamente. No retienen el agua, por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas

- **Arenas**

Con partículas comprendidas entre 2 y 0.060 mm, todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ellas con facilidad.

- **Limos**

Con partículas comprendidas entre 0.060 y 0.002 mm (algunas normativas indican que este último valor debe ser 0.005 mm, pero no hay apenas consecuencias prácticas entre ambas distinciones). Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se ve como la mano se exuda con facilidad.

- **Arcillas**

Formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0.002 mm). Se trata ya de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños, están formadas principalmente, por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos (el ion silicio se encuentra en el centro de cada una de éstas estructuras regulares), unidas por enlaces covalentes débiles, pudiendo entrar las moléculas de agua entre las cadenas produciendo, a veces, aumentos de volumen (recuperables cuando el agua se evapora). Todo ello hace que la capacidad de retención del agua sea muy grande (pequeños huecos con una gran superficie de absorción en las partículas y una estructura que permite retener el agua), por lo que son generalmente los materiales más problemáticos (tiempos muy elevados de consolidación o de expulsión de agua bajo esfuerzos).

2.2.3.- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

El Sistema Unificado clasifica los suelos en dos amplias categorías:

- **Suelos de grano grueso:**

Que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo GS. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

• **Los suelos de grano fino:**

Con 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:

- Ø **W:** bien graduado
- Ø **P:** mal graduado
- Ø **L:** baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- Ø **H:** alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN		SUCS	AASHTO	NOMBRES TIPOICOS
SUELOS DE GRANULOMETRÍA FINA (Más de 50% pasados por la malla No. 200)	Gravas bien graduadas, arcillas de grano a arena, con poco o nada de limo	GW	A-1-a	
	Gravas mal graduadas, arcillas de grano a arena, con poco o nada de limo	GP	A-1-b	
	Gravas limosas, arcillas de grano, arena y limo	GM	A-2-a	
	Gravas arcillosas, arcillas de grano, arena y limo	GC	A-2-b	
	Arenas bien graduadas, arcillas con grano, con poco o nada de limo	SW	A-3-a	
	Arenas mal graduadas, arcillas con grano, con poco o nada de limo	SP	A-3-b / A-3	
	Arenas limosas, arcillas de arena y limo	SM	A-4-a / A-4	
	Arenas arcillosas, arcillas de arena y arcilla	SC	A-4-b / A-4	
	Limos inorgánicos, arena de fina, limos arenosos o arcillosos, ligeros plásticos	ML	A-5	
	Arenas inorgánicas de fina a media plasticidad, arcillas con grano, arcillas esbeltas, arcillas limosas, arcillas pobres	CL	A-6	
Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	OL	A-7		
Limos inorgánicos, limos medianos o débiles, limos débiles	MH	A-8		
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas tenaces	CH	A-9		
Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad	OH	A-10		
Turba y otros suelos altamente orgánicos	PT	A-11		

Figura 1. Tabla Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Nota.

<https://dokumen.tips/documents/cbr-plus-tabla-aashto-y-sucs-combinada.html>

2.2.4.- Estudios Geotécnicos.

Según (Grupo Geotecnia, Universidad de Cantabria, 2006.), la geotecnia es la rama de la ingeniería que se ocupa del estudio de la interacción de las construcciones con el terreno. Se trata por tanto de una disciplina no solo de la Ingeniería Civil, sino también de otras actividades, como la Arquitectura y la Ingeniería Minera, que guardan relación directa con el terreno.

2.2.5.- Mecánica de los suelos.

En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la

capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a partir de 1925.

Todas las obras de ingeniería civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados, entre otros factores, por el desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para conformar los rellenos.

Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, productores a su vez de deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomes que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su in-utilización y abandono.

En consecuencia, las condiciones del suelo como elemento de sustentación y construcción y las del cimiento como dispositivo de transición entre aquel y la infraestructura, han de ser siempre observadas, aunque esto se haga en proyectos pequeños fundados sobre suelos normales a la vista de datos estadísticos y experiencias locales, y en proyectos de mediana a gran importancia o en suelos dudosos, infaliblemente, al través de una correcta investigación de mecánica de suelos.

Para el estudio de fundaciones y muros, será necesario los estudios de mecánica de los suelos, debido a que estas necesitan de un estudio superficial y sub superficial de gran calidad para que la transmisión de cargas del edificio hacia el suelo sea de manera efectiva y así se pueda mantener la estructura, ya sea de fundaciones o muros a lo largo del tiempo. De los estudios de la mecánica de los suelos que se usaran para las fundaciones y los muros se pueden nombrar las siguientes:

2.2.5.1.- Peso.

Equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo. Por ser una fuerza, el peso se representa como un vector, definido por su módulo, dirección y sentido, aplicado en el centro de gravedad del cuerpo y dirigido aproximadamente hacia el centro de la Tierra.

- **Peso del aire:** fuerza ejercida por el aire en un espécimen de tierra, se considera despreciable debido a que el aire pesa 1,293 gramos que eso equivale en newton a un valor sumamente pequeño por lo cual se considera despreciable.
- **Peso del agua:** fuerza ejercida por el agua en un espécimen de tierra, este peso del agua solamente es el peso contenido que hay de agua en una muestra de suelo.
- **Peso del sólido:** fuerza ejercida por el sólido en un espécimen de tierra, este peso del sólido solamente es el peso contenido que hay de sólido seco en una muestra de suelo.

2.2.5.2.- Volumen.

Se entiende por volumen a una magnitud métrica, euclidiano y de tipo escalar, que se puede definir como la extensión de un objeto en sus tres dimensiones, es decir, tomando en cuenta su longitud, ancho y altura. Los cuerpos físicos todos ocupan un espacio, que varía según sus proporciones, y la medida de dicho espacio es el volumen. Para calcular el volumen de un objeto bastará con multiplicar su longitud por su ancho y por su altura, o en el caso de sólidos geométricos, aplicar determinadas fórmulas a partir del área y la altura u otras variables parecidas.

- **Volumen de aire:** espacio en m^3 que ocupa el aire en una muestra de suelo. A mayor volumen de aire, las posibilidades de poros en la muestra será proporcionalmente directa.
- **Volumen de agua:** espacio en m^3 que ocupa el agua en una muestra de suelo. A mayor volumen de agua, la posibilidad de haber saturación en el suelo es directamente proporcional.

- **Volumen de sólido:** espacio en m^3 que ocupa el sólido en una muestra de suelo. A mayor volumen de sólido, la muestra puede ser seca.
- **Volumen de los vacíos:** espacio en m^3 que es la combinación de el volumen de agua con el volumen del aire, en una muestra del suelo

2.2.5.3.- Relaciones volumétricas.

- **Relación de vacíos:**

Es una relación entre el volumen de espacios vacíos, y el volumen de las partículas sólidas en una masa de suelo. Su valor puede ser menor a 1, y puede alcanzar valores muy altos. El término se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo dejando más o menos vacíos entre ellas. En suelos compactos, las partículas sólidas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodo y la capacidad de deformación bajo la aplicación de cargas será pequeña. En suelos poco compactos el volumen de vacíos y la capacidad de deformación serán mayores.

- **Porosidad:**

Se define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes. Se define también como la porción de suelo que está ocupada por aire y/o por agua. En suelos secos los poros estarán ocupados por aire y en suelos inundados, por agua. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica

Los poros que constituyen el espacio poroso del suelo se encuentran en un rango continuo de tamaño, sin embargo se dividen usualmente en dos tipos: los macroporos y los microporos o poros capilares. La tasa de movimiento del agua y del aire a través del suelo es determinada, en gran medida, por el tamaño de los poros. Los macroporos facilitan una rápida percolación del agua y el movimiento del aire, en tanto que los microporos dificultan el movimiento del aire y retienen gran cantidad de agua por capilaridad; por consiguiente, los microporos son muy importantes en lo que se refiere a la retención del agua en el suelo, y los macroporos son de gran valor en lo que se refiere a la aireación y al drenaje interno del suelo.

- **Grado de saturación:**

Se define como el grado o la proporción en que los espacios vacíos de un suelo o una roca contienen fluido (agua, petróleo). Se expresa como un porcentaje en relación con el volumen total de vacíos. Es la relación porcentual entre el volumen de agua en una masa de suelo o roca, y el volumen total de espacios vacíos.

2.2.5.4 Relaciones gravimétricas.

- **Contenido de humedad:**

Es la cantidad relativa de agua que se encuentra en un suelo respecto a la masa de sólidos o al volumen del suelo analizado. Se expresa en porcentaje (%), y es la relación entre el peso del agua del espécimen, y el peso de los sólidos. El problema es ¿cuál es el peso del agua? Para tal efecto se debe señalar que existen varias formas de agua en el suelo. Unas requieren más temperatura y tiempo de secado que otras, para ser eliminada. En consecuencia, el concepto “suelo seco” también es arbitrario, como lo es el agua que se pesa en el suelo de la muestra.

- **Peso específico:**

El peso específico es la relación existente entre el peso y el volumen de una sustancia. Dado que el peso de un objeto es la medida en que la atracción de la Tierra actúa sobre él, y al mismo tiempo el volumen es la superficie que dicho objeto ocupa, el peso específico constituye la relación entre ambas propiedades expresada en Newton sobre metro cúbico (N/m³), de acuerdo al Sistema Internacional.

- Ø **Peso específico total:** Peso total de la partícula, dividido por el volumen total de la muestra.

- Ø **Peso específico seco:** Peso de las partículas sólidas, dividido por el volumen total de la muestra.

- Ø **Peso específico del sólido:** Peso de las partículas sólidas, dividido por el volumen sólido de la muestra.

- Ø **Peso específico saturado:** Peso específico correspondiente a una muestra saturada, con todos sus poros llenos de agua.

Ø **Peso específico del agua:** Peso de las partículas de agua, dividido por el volumen del agua de la muestra. Donde su valor en el sistema internacional es de 1000kg/m^3 .

· **Gravedad específica:**

La gravedad específica, también conocida como peso específico o densidad relativa, consiste en la relación o cociente que existe entre la densidad de una sustancia y la densidad de otra sustancia de referencia (es usual que en este caso se utilice agua). Estas densidades suelen tomarse como guías cuando se refiere a líquidos o sólidos. La gravedad específica aparente es la relación entre el peso volumétrico de una sustancia y el peso del volumen de otra.

Ø **Gravedad específica del sólido:** Relación numérica entre el peso en el aire de los sólidos de un espécimen de suelo a una temperatura dada, y el peso en el aire de un volumen igual (al de los sólidos) de agua destilada a la misma temperatura.

2.2.6 Fundaciones.

La fundación es referida a la acción y el efecto de los elementos estructurales del edificio encargado de transmitir las cargas del terreno, por lo que la cimentación se realizará en función del mismo, o con elementos apoyados a este suelo distribuyéndose de forma que no superan la presión admisible, que puede admitir, aceptar o tolerar que produzca cargas zonales, este constituye al elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles para la estructura.

2.2.7.- Tipos de fundaciones.

2.2.7.1.- Fundaciones superficiales.

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas, Se considera cimentación superficial cuando tienen entre 0,50 m. y 4 m. de profundidad, y cuando las tensiones admisibles de las diferentes capas del terreno que se hallan hasta esa cota permiten apoyar el edificio en forma directa sin provocar asientos excesivos

de la estructura que puedan afectar la funcionalidad de la estructura. Existen una amplia variedad de fundaciones superficiales, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- **Fundaciones aisladas:**

Se construyen debajo de una columna independiente, pueden tener forma cuadrada, rectangular o circular y se aplican donde la capacidad de carga del suelo es alta; esta forma una losa gruesa que puede ser plana, escalonada o inclinada.



Figura 2. Fundación aislada. Nota.

<https://4.bp.blogspot.com/h5EPkKZdRjQ/WOxcnp3teFI/AAAAAAAAARbk/nwQPUQPSX2cH-hk3sc-KynfokD3bA7R6gCLcB/s1600/zapata%2Baislada.jpg>

- **Fundaciones continuas o corridas:**

Se construyen para soportar la carga de una pared continua o también para soportar una fila continua de columnas que se encuentran muy cercanas tal que sus bases extendidas se superponen o se tocan entre sí; en tal situación, es más económico construir.



Figura 3. Fundaciones corridas o continuas Nota.

https://2.bp.blogspot.com/-vJA8_zYFCHY/WOxfOcqW5RI/AAAAAAAAARb4/4JTdjsfVRLsK-TPdQMRCVPJ-lxUOvOtlgCLcB/s1600/zapata%2Bcorrida.jpg

- **Fundaciones combinadas:**

Admite dos columnas y se usa cuando estas columnas se encuentran muy cercanas tal que supondría que sus cimientos individuales se superponen, este tipo de zapata puede ser rectangular o trapezoidal y tiene la ventaja de que distribuye las cargas uniformemente.

- **Fundaciones conectadas:**

Este tipo de fundación consiste en la conexión de dos fundaciones directas mediante una viga rígida. Se conecta una fundación interior con una exterior que está impedida de desarrollar el área necesaria, y debido a la excentricidad de la carga de la columna está solicitada por momento, el cual es absorbido por la viga con la ayuda de la fundación interior. Cuando se considera que la viga actúa sobre el suelo, las fundaciones se dimensionan tomando en cuenta que la resultante de las cargas en las columnas debe pasar por el centro de gravedad del sistema y que en el área necesaria se debe incluir el área de la viga.

- **Losas de fundaciones:**

Se usa cuando la capacidad de carga del suelo es baja y cuando las columnas o las paredes están tan cerca que las zapatas individuales llegarían a superponerse o tocarse, hay de dos formas básicas, losas rectangulares o cuadradas y losas esféricas. Las losas con base de estera son útiles para reducir los asentamientos diferenciales en suelos no homogéneos o cuando existe una gran variación en las cargas en columnas individuales.

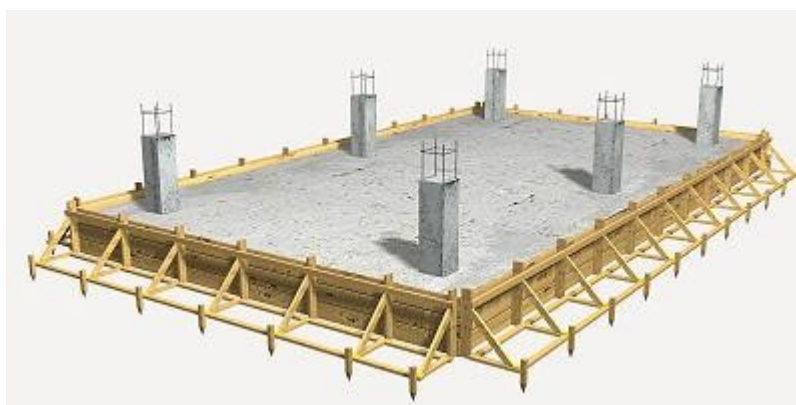


Figura 4. Losa de fundaciones. Nota.

<https://3.bp.blogspot.com/2aFzJDVvY0/WOxh4zzejA/AAAAAAAAARcE/RuXESKe6bvEJDQFLmb3fyFpX5WKuy8usQCLcB/s1600/losa%2Bde%2Bcimentacion2.jpg>

- **Pedestales:**

Soporte prismático destinado a sostener otro soporte mayor, conformando la parte inferior de una columna. Se da también el nombre de pedestal a todo soporte en forma de columna corta y ancha que sostiene una estatua u objeto análogo. Por su parte, se llama pedículo cuando la base funciona como pie, o pequeña columna, en que se apoya un objeto mayor que ella; por ejemplo, una pila bautismal o un púlpito.

- **Vigas de riostras:**

Son el elemento de la cimentación que une las zapatas aisladas entre sí consiguiendo que la cimentación sea más estable. Soportarán cargas considerables si unen zapatas con cargas excéntricas, denominándose en este caso vigas centradoras. Pueden tener también la función de soporte para los cerramientos del edificio.

- **Vigas de fundación:**

Son los elementos estructurales que se emplean para amarrar estructuras de cimentación tales como zapatas, dados de pilotes, pilas o caissons, etc.

2.2.7.2.-Fundaciones profundas.

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Deben ubicarse más profundamente, para poder distribuir sobre una gran área, un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Existe una amplia variedad de fundaciones profundas, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- **Pilotines:**

son pilotes cortos y de pequeño diámetro (entres 10cm y 20 cm de diámetro), conocidos también por estacas o palos raíz, que se usan generalmente para estabilizar taludes, o en recalce y refuerzo de edificios que han comenzado a sufrir asentamientos, por estar sustentados en suelos blandos y compresibles. Los micropilotes o pilotines trabajan por punta y por adherencia, distribuyendo a lo largo de su altura las presiones laterales que ejercen los bulbos de presiones de las bases directas existentes, y a las cuales apuntalan.

- **Pilotes:**

Son fundaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de las pilas en sus dimensiones. Los pilotes tienen usualmente sección transversal circular y por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 20cm y 80cm.

- **Pilas:**

Las pilas son fundaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilotes en sus dimensiones. Las pilas tienen usualmente sección transversal circular y por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 80cm y 220cm.

- **Pilotes prefabricados:**

Son elementos de hormigón o secciones metálicas en forma de columna que son introducidos en el terreno por medio de máquinas pilotadoras que disponen de equipos mecánicos o hidráulicos.

- **Pilotes moldeados in situ:**

Estos se realizan en perforaciones practicadas previamente mediante sondas de tipo rotativo. Generalmente son de mayor diámetro que los prefabricados y resisten mayores cargas.

- **Pilotes flotantes:**

Transmiten su carga al terreno fundamentalmente por rozamiento lateral a través del fuste y se emplean en terrenos sin un nivel claramente más resistente. Este sistema consiste en realizar una serie de pilotes o módulos de pantalla con una longitud determinada que soportan una losa de cimentación. El comportamiento de esta estructura se asemeja a la de una losa de gran canto, reduciendo los asentamientos en la estructura.

- **Pilotes hincados:**

Se utilizan como apoyos puntuales para cimentaciones de edificaciones sobre terreno sin capacidad portante y se hincan en el terreno con maquinaria pesada hasta alcanzar una capa con suficiente capacidad portante o un estrato de rocas. Poseen una armadura interior y una armadura exterior en espiral para

soportar las tracciones transversales generadas por el proceso de hincas; los pilotes también se fabrican pretensados. La cabeza del pilote es plana, el pie en punta.

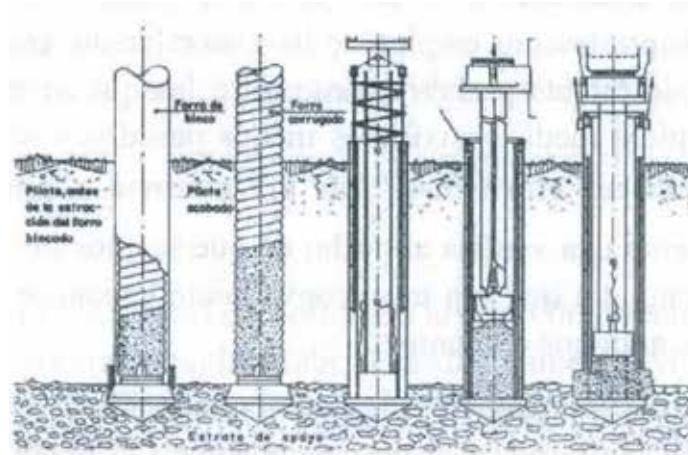


Figura 5. Hinchamiento de pilotes Nota.

<https://www.unav.edu/departamento/bcp/images/Cimentaciones/PiIINSitu09.jpg>

2.2.8.- Muros de Contención.

Tienen como finalidad resistir las presiones laterales o empuje producido por el material retenido detrás de ellos, su estabilidad la deben fundamentalmente al peso propio y al peso del material que está sobre su fundación. Los muros de contención se comportan básicamente como voladizos empotrados en su base. Dentro de los muros de contención podemos encontrar los diferentes tipos de muros como:

- **Muros de gravedad:**

Soportan los empujes con su peso propio. Los muros construidos con hormigón en masa u hormigón ciclópeo, por ser más pesados, se utilizan habitualmente como muro de gravedad ya que contrarrestan los empujes con su propia masa. Las acciones que reciben, se aplican sobre su centro de gravedad. Este tipo de muro de contención de gran volumen, se realiza de poca altura y con una sección constante; aunque también existen los de tipo ataluzados o escalonados.

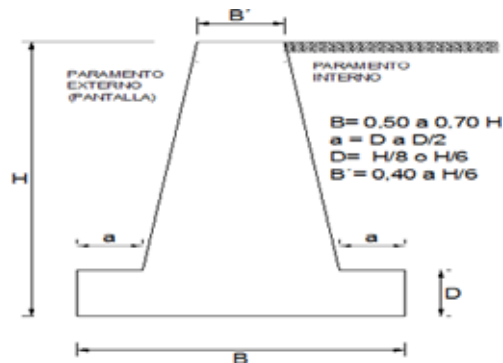


Figura 6. Muro de gravedad. Nota.

<https://images.app.goo.gl/whJeevsZoEvWiLqn6>

- **Muros en voladizo o en ménsula:**

Este tipo de muro resiste el empuje de tierra por medio de la acción en voladizo de una pantalla vertical empotrada en una losa horizontal (zapata), ambos adecuadamente reforzados para resistir los momentos y fuerzas cortantes a que están sujetos. Estos muros por lo general son económicos para alturas menores de 10 metros, para alturas mayores, los muros con contrafuertes suelen ser más económicos.

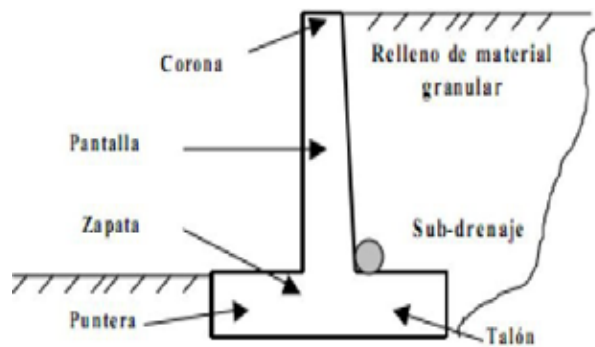


Figura 7. Muro en voladizo o ménsula. Nota.

<https://images.app.goo.gl/1o5c8tSBbJPDzYT26>

- **Muros con contrafuertes:**

Son una variante de los muros en ménsula, en los que los anchos del muro se refuerzan a determinados intervalos para reducir las flexiones del muro y conseguir además de una orientación más favorable de los empujes. Las placas

frontales pueden ser planas. Si es necesario, pueden llevar zarpas en el talón de la placa base.

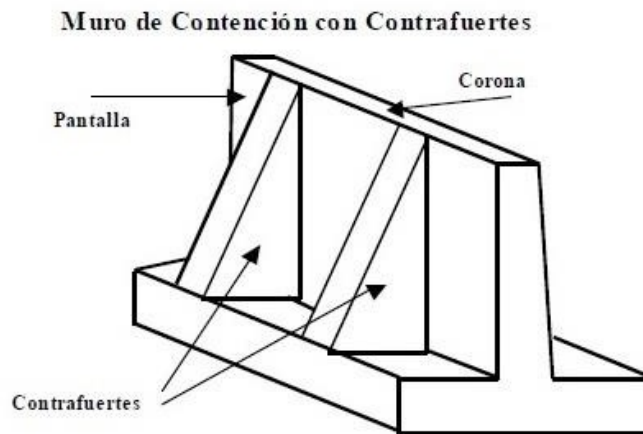


Figura 8. Muro contrafuerte. Nota.

<https://images.app.goo.gl/ckzw5SbUnLVFDbS8>

2.2.9.- Empuje de tierras.

Se define el empuje de tierras como la acción que ejerce el terreno situado en el trasdós de un muro, sobre este y su cimentación. El ingeniero civil debe diseñar estructuras seguras y estables en el tiempo, teniendo en cuenta el nivel de perturbación que sufre el suelo, evaluando su comportamiento y nivel de esfuerzos a los que puede estar sometido.

· **Empuje activo:**

Se produce este tipo de empuje cuando la estructura de contención se desplaza o gira hacia el exterior y por tanto, el terreno se descomprime. Presenta un valor mínimo respecto a los otros dos empujes de terreno. Se aplica, por ejemplo, a muros en ménsula donde existe libertad de movimiento.

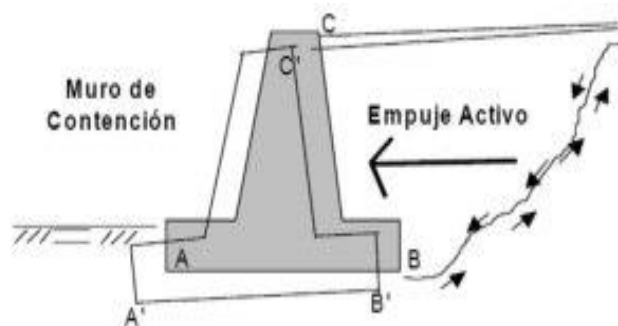


Figura 9. Empuje activo. Nota.

<https://images.app.goo.gl/DQv2eeBxhusNnPRu5>

- **Empuje pasivo:**

Este empuje se produce cuando el elemento de contención se desplaza o rota hacia el interior del terreno y, por tanto, lo empuja y comprime. Al contrario del anterior, presenta unas condiciones de empuje máximo. Se usa, por ejemplo, en muros anclados y tesados contra el terreno.

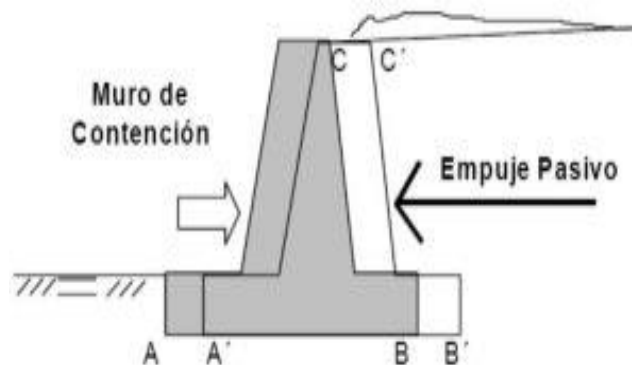


Figura 10. Empuje pasivo. Nota.

<https://images.app.goo.gl/egyPhsfVQfJPjEpVA>

- **Empuje de reposo:**

Se trata de un estado intermedio a los anteriores empujes donde la estructura prácticamente no sufre deformación y el empuje es similar al del estado tensional del terreno inicial. Es de aplicación, por ejemplo, en muros de sótano o marcos donde se impide el desplazamiento de la estructura.

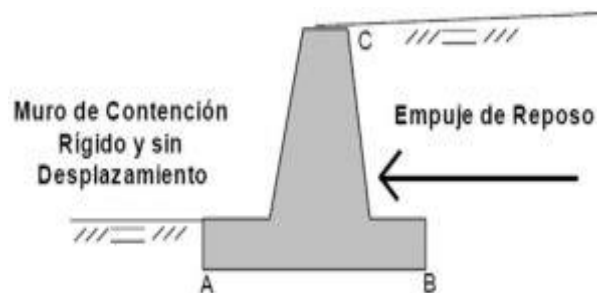


Figura 11. Empuje de reposo Nota.

<https://images.app.goo.gl/gveSuCUEYqUYmhN79>

2.3.- Bases legales.

Según Villafranca D. (2002) “Las bases legales no son más que leyes que se sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto” explica que las bases legales “son leyes, reglamentos, y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”.

Para el manual de fundaciones y muros se realizara de acuerdo a la norma venezolana COVENIN, ACI, AASHTO y SUCS

- Norma COVENIN 1756-02:2001 edificaciones sismoresistentes, Requisitos y Comentarios, Aprobada el día 25 de julio de 2001 posteriormente publicada en Gaceta Oficial. La Norma COVENIN 1756, es aplicable exclusivamente al diseño de estructuras de concreto armado y acero, nuevas o existentes. En esta última se dan criterios para su reforzamiento o reparación.
- Norma COVENIN 1753-2006 Proyecto y construcción de obras en concreto estructural, publicada en gaceta oficial en agosto de 2006. Esta Norma establece los requisitos para el proyecto y la ejecución de edificaciones de concreto estructural que se proyecten o construyan a nivel nacional. Aplica a todos los aspectos relativos al proyecto, construcción, inspección, supervisión, mantenimiento, evaluación, adecuación o reparación, así como también los requisitos de pre dimensionado y construcción de zapatas, pilotes y muros de contención.
- Norma ACI 318-2014 Requisitos de reglamentos para Concreto Estructural. Esta norma establece los requisitos necesarios para la el pre dimensionado, de vigas, columnas, zapatas, pilotes y muros, así como la construcción, inspección, supervisión, mantenimiento, evaluación, adecuación y la reparación de las mismas.

2.4.- Definición de términos básicos.

- **Arcilla:** Tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados; es de color blanco en estado puro, y mezclada con el agua forma una materia muy plástica que se endurece al cocinarla.
- **Arena:** Materia constituida por pequeños granos de mineral desprendidos de las rocas y acumulados en playas, márgenes de ríos o formando capa sobre un terreno.
- **Contrafuerte:** Estructura, como un pilar o un arco, adosada a la parte exterior del muro de un edificio con el fin de reforzarlo en los puntos en que la construcción soporta mayor empuje.

- **Empuje:** Fuerza que ejerce el peso de un elemento de construcción sobre otro.
- **Fundaciones:** es la parte de la estructura civil que está en contacto con el suelo o la roca. Su función es soportar las cargas de la estructura al suelo y brindar un sistema de apoyo estable.
- **Geotecnia:** arte de la geología aplicada que estudia la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, para el asiento de todo tipo de construcciones y obras públicas.
- **Gravas:** Conjunto de piedras pequeñas que proceden de la fragmentación y disgregación de rocas, se usa para construir caminos y carreteras, para hacer hormigón, etc.
- **Gravedad:** Fuerza de atracción que la Tierra u otro cuerpo celeste ejerce sobre los cuerpos que están cerca o sobre él.
- **Hincado:** Clavar o introducir algo con punta ejerciendo presión.
- **Limos:** sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados.
- **Mecánica de los suelos:** aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre.
- **Ménsula:** Elemento arquitectónico que sobresale de un plano vertical y sirve para sostener alguna cosa.
- **Muro de contención:** son elementos constructivos que cumplen la función de cerramiento, soportando por lo general los esfuerzos horizontales producidos por el empuje de tierras.
- **Peso:** es una medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto.
- **Pilotes:** elemento constructivo que permite transmitir las cargas de la superestructura e infraestructura a través de estratos flojos e inconsistentes, hasta estratos más profundos con la capacidad de carga suficiente para soportarlas.

- **Porosidad:** medida de espacios vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total, entre 0-1, o como un porcentaje entre 0-100 %.
- **Relación de vacíos:** grado o proporción en que los espacios vacíos de un suelo o una roca contienen fluido (agua, petróleo).
- **Saturación:** se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua.
- **Volumen:** significa, de un modo general, la corpulencia, bulto o envergadura de un objeto.
- **Zapata:** es un tipo de fundación, que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencias a compresiones medias o altas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se desarrolla el tipo y nivel de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad del instrumento de recolección de datos, técnicas para el análisis de los datos.

Tomando en cuenta lo expresado por Hurtado (2012) se entiende por metodología:

“el estudio de los modos y maneras de llevar a cabo algo, es decir, el estudio de los métodos...la metodología incluye los métodos, las técnicas, las estrategias y los procedimientos que utilizará el investigador para lograr los objetivos de su estudio” (p.105).

Ahora bien, autores como Claret (2009) sostiene que el marco metodológico de la investigación: “recoge fundamentalmente los pasos a seguir desde que se inicia el estudio hasta su culminación, sobre las bases de la sistematización racional del fenómeno estudiado” (p.73).

Es por ello que, para este capítulo se tomaron en cuenta tanto los objetivos de la investigación como los diversos criterios metodológicos que permitirán el desarrollo esta investigación. La metodología abarca los tipos, métodos, herramientas, diseños y técnicas necesarias para la realización de una investigación. En este orden de ideas la metodología se basa principalmente en las estrategias y procedimientos que empleará el investigador para lograr los objetivos de su investigación.

3.1.- Tipo de la investigación.

El tipo de investigación empleado en el presente trabajo de grado se desarrolló aplicando la modalidad de proyecto factible, según El Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica

Experimental Libertador (2003), define el proyecto factible como: “Un estudio que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”. Teniendo como apoyo una investigación de tipo Descriptiva y con revisión bibliográfica.

3.2.- Diseño de la investigación.

El diseño de una investigación según Arias (2006) “es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental” (p. 26).

El método de la presente investigación, se centra en una **investigación documental** en donde se recolecta información de los estudiantes, con la finalidad de encontrar las dificultades en el aprendizaje de fundaciones y muros tanto en la parte teórica como en la práctica, el buen criterio para la distribución y tipo de fundaciones o muros a usar en una estructura, distribución de aceros y la verificación y cumplimiento al esfuerzo de una estructura, con el fin de analizar los datos obtenidos de una forma objetiva, para así crear un manual práctico para fundaciones y muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

3.3.- Nivel de investigación.

El nivel de la investigación, se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. De acuerdo con estos, el presente proyecto tiene características que lo ubican en el nivel descriptivo, según Tamayo y Tamayo (2003), la investigación descriptiva “Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos” (Pág. 35).

En tal sentido, en el desarrollo del proyecto se comprende la información obtenida de los estudiantes y egresados de la asignatura de fundaciones y muros, la cual se analiza para ver las dificultades o falencias en el aprendizaje a nivel práctico y teórico en las clases. Con los datos obtenidos se establece un manual práctico para

fundaciones y muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

3.4.- Población y Muestra.

· Población

La población según Arias (2006) "Es el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio" (p. 81), Es decir, se utilizará un conjunto de personas con características comunes que serán objeto de estudio. La población manejada en la presente investigación está constituida por estudiantes de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez

· Muestra

Se considera como muestra al "Subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible" (Arias, 2006, p. 83), Es decir, representa una parte de la población objeto de estudio. De allí es importante asegurarse que los elementos de la muestra sean lo suficientemente representativos de la población permitiendo hacer generalizaciones. Para esta investigación se consideró que la muestra son estudiantes de ingeniería del noveno y décimo semestre, a parte de los estudiantes recientemente egresados (Promoción XXVII) de dicha carrera de la Universidad José Antonio Páez.

3.5.- Técnica e instrumentación de recolección de datos

Sabino C (2002), define los datos como "cada uno de los elementos de información que se recoge durante el desarrollo de una investigación y sobre la base de los cuales, convenientemente sintetizados, podrán extraerse conclusiones de relevancia en relación al problema inicial planteado". (p. 82). Con la finalidad de recolectar datos se dispondrá de técnicas, tanto cuantitativas como cualitativas.

Para Hernández, Fernández y Baptista (2006), el proceso de recolección de información: "Es la etapa que consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las

variables involucradas en la investigación” (p. 234). En tal sentido, Ramírez (2009), apunta que la técnica de recolección de datos Es un procedimiento más o menos estandarizado que se ha utilizado con éxito en el ámbito de la ciencia” (p. 137). Así mismo según Ramírez (2009), “El instrumento de recolección de datos es un dispositivo de sustrato material que sirve para registrar los datos obtenidos a través de las diferentes fuentes” (p. 165).

En este trabajo de grado se utilizarán las siguientes técnicas de recolección de datos: revisión bibliográfica, revisión documental, además de encuestas dicotómicas.

3.5.1.- Revisión Documental

Arias (2006), lo define como “Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. Por medio de la recopilación documental se obtendrá información de datos a partir de documentos escritos o no escritos propios de la empresa, que contienen información que puede ser utilizada dentro de la investigación.

3.5.2.- Revisión Bibliográfica

Gálvez A (2002), la define como “Un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea esta clínica, docente, investigadora o de gestión.” Mediante esta técnica se elaborará una base teórica a cada una de las herramientas utilizadas en los objetivos, se revisarán trabajos de grado con problemáticas similares, así como también libros y páginas electrónicas

3.5.3.- Encuesta

La Encuesta está definida por Arias (2006) como “Una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular”. Siguiendo este orden de ideas, la encuesta no es más que un instrumento conformado por una serie de preguntas con secuencia lógica la cual tiene como finalidad obtener información valiosa acerca de algún tema en específico.

3.6.- El Instrumento de Recolección de Datos

Según Arias (2006), “Señala que los instrumentos son las herramientas que se utilizan para la recolección, almacenamiento y procesamiento de la información recogida” (p. 44). Así mismo Tamayo y Tamayo (2012) define que: “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 69). Los instrumentos giran en torno a las técnicas que los investigadores han de seleccionar para su investigación; en concreto, van a ser éstos el físico que contuvo toda la información recabada.

Cabe destacar que dentro de los instrumentos se encuentra el cuestionario , en el cual es posible utilizar una serie de preguntas de diferentes tipos, en este caso se tiene planificado desarrollar una serie de preguntas de tipo dicotómicas, las cuales son definidas por Arias (2006) de la forma siguiente:

“Son aquellas que establecen previamente las opciones de respuesta que puede elegir el encuestado. Éstas se clasifican en: dicotómicas: cuando se ofrecen sólo dos opciones de respuesta; y de selección simple, cuando se ofrecen varias opciones, pero se escoge sólo una”. (p. 75).

Tomando en cuenta todos estos aspectos mencionados, serán diseñadas dos encuestas tipo cuestionario dicotómico con una secuencia y sentido lógico orientadas a resaltar aspectos relevantes apreciados por la población estudiada, con el fin de dar al investigador evidencia palpable y confiable de las dificultades existentes dentro de los procesos del objeto de estudio.

3.7.- Validación del instrumento

Según Arias (2006), la validación se utiliza para “Comprobar si el instrumento mide lo que se pretende medir, además de cotejar su pertinencia o correspondencia con los objetivos específicos y variables de la investigación.”

Este procedimiento será realizado a través del juicio de expertos relacionados a la materia, en este caso, estructuras.

3.8.- Fases metodológicas

Esta investigación se ha desarrollado básicamente en cuatro fases que consisten en:

- **Fase I: “Diagnostico de la situación actual de la comprensión en la asignatura de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez”.**

Esta información se obtuvo realizando una encuesta a los alumnos cursantes y que están en la asignatura de fundaciones y muros de la Universidad José Antonio Páez, con la finalidad de recabar los datos de factibilidad de la investigación y realizar el análisis de la situación de la cátedra, la encuesta es de tipo cerrada.

- **Fase II: “Definición de las bases teóricas de la asignatura de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez”.**

En esta fase se definirán cada uno de los temas, para la comprensión teórica y práctica en base al pensum de la cátedra de fundaciones y muros de la Universidad José Antonio Páez.

- **Fase III: “Diseño del manual de Fundaciones y Muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez”.**

Se presentará todo el manual práctico de forma ordenada y digitalizada con los distintos formatos de cada tema con su respectivo índice, metodología, recomendaciones bibliográficas, aparte de ejercicios, tablas y ejemplos para el aprendizaje rápido para el estudiante de la cátedra de fundaciones y muros de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.- FASE I: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

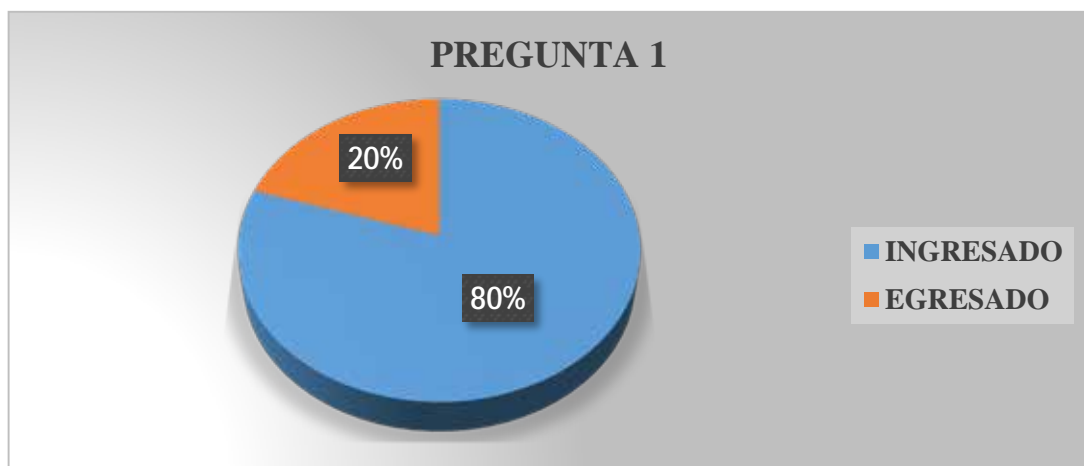
La elaboración de esta encuesta suministró las bases necesarias para diagnosticar, la factibilidad de este manual práctico. Este instrumento se aplicó a los estudiantes del noveno (9no) semestre, decimo (10mo) semestre y egresados de la promoción XXXVII (27) de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez de la escuela de Ingeniería Civil,. La encuesta fue aplicada a 25 estudiantes, que representan el 33% de una población de 75 estudiantes. Dicha encuesta fue realizada a través de la herramienta de Google Drive, para así tener mayor comodidad y alcance para el diagnostico

El instrumento se compone de doce (12) preguntas cerradas, con respuestas sí o no. Los datos fueron procesados mediante gráficos circulares, de forma tal que pudieran ser analizados de manera objetiva y detallada. A continuación se procede al análisis de las respuestas obtenidas:

Pregunta #01:

¿Eres ingresado o egresado de la escuela de ingeniería civil?

INGRESADO	20	EGRESADO	5	TOTAL	25
-----------	----	----------	---	-------	----

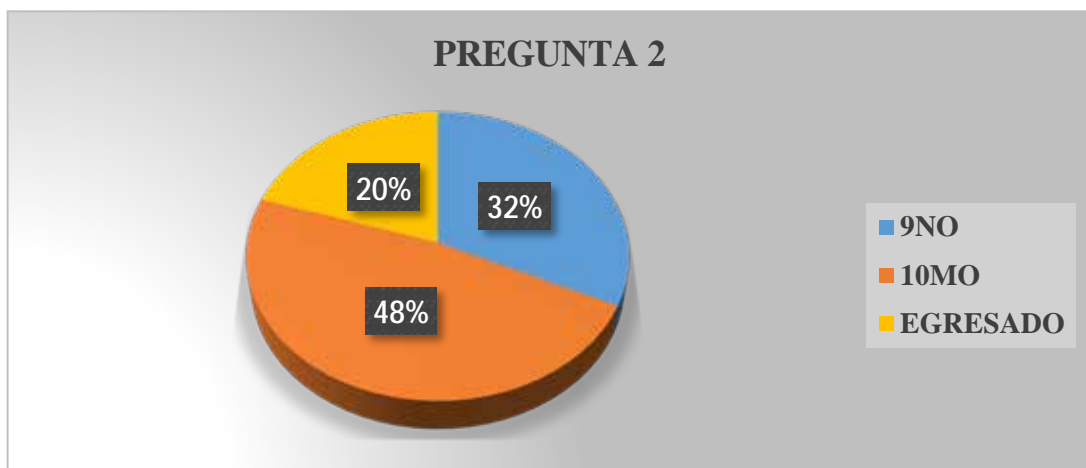


Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #01, el 80% de los encuestados, son estudiantes ingresados, es decir, son estudiantes activos en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez

Pregunta #02:

¿En qué semestre actualmente se encuentra usted?

9NO	8	10MO	12	EGRESADO	5	TOTAL	25
-----	---	------	----	----------	---	-------	----

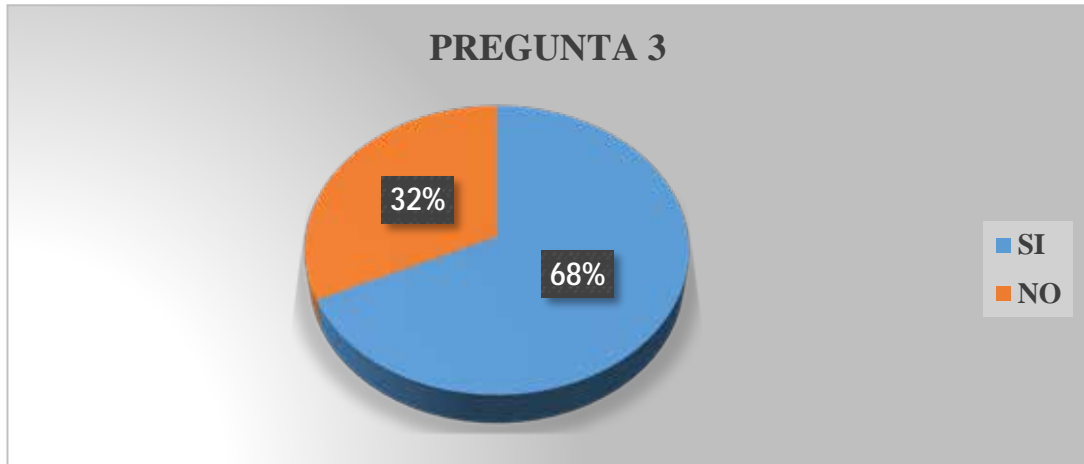


Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #02, el 48% de los encuestados, son estudiantes del décimo semestre, el 32% son estudiantes del noveno semestre, y el 20% son estudiantes egresados de la promoción XXXVII de ingeniería civil, es decir, que el 52%, de los encuestados, son estudiantes que ya experimentaron, la situación académica de la cátedra de Fundaciones y Muros.

Pregunta #03:

¿Las formas pedagógicas impartidas dentro de la cátedra, te ayudaron a comprender mejor la materia?

SI	17	NO	8	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----

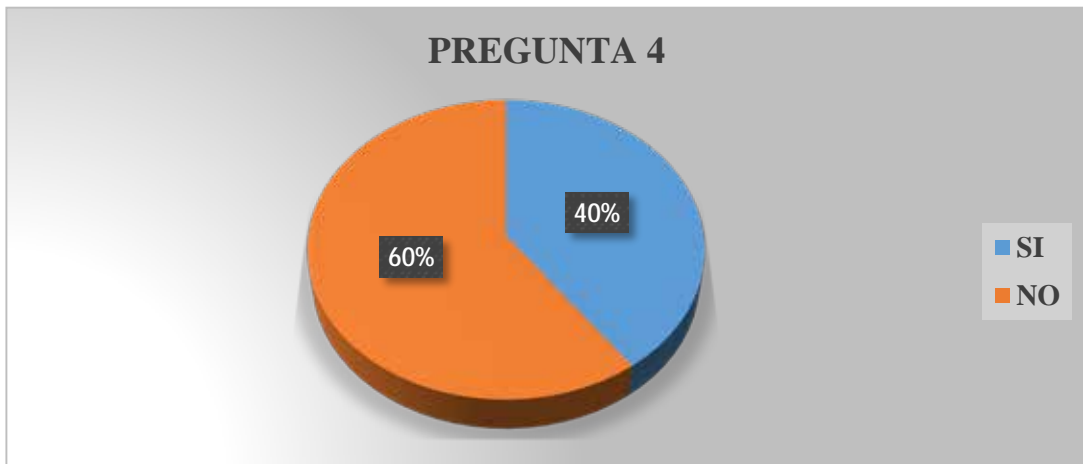


Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #03, el 68% de los encuestados, consideran que las maneras pedagógicas dadas en la asignatura de Fundaciones y Muros, les ayudan y ayudaron a comprender de excelente manera la materia.

Pregunta #04:

Durante el curso de la cátedra de fundaciones y muros ¿consiguió material documental de fundaciones superficiales y profundas por el método geotécnico impartido en clases?

SI	10	NO	15	TOTAL	25
----	----	----	----	-------	----



Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #04, el 60% de los encuestados, indican de que no consiguieron todo el material completo de estudio, según el tema impartido en clases, esto nos indica, que hay pequeños detalles acomodar para que los estudiantes, tengan todo el material necesario, para poner en práctica todos los métodos y mecanismos explicados en la asignatura.

PREGUNTA #05:

¿Cree usted que tuvo impacto en su comprensión a la materia al no tener un material adecuado enfocado al método geotécnico de fundaciones superficiales y profundas?

SI	22	NO	3	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----



Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #05, el 80% de los encuestados, consideran que si hubo un impacto en la comprensión de la asignatura de Fundaciones y Muros, ya que, al no encontrar todo el material impartido en clase, esto conlleva a que el estudiante tenga pequeñas dudas o complicaciones, a la hora de complementar la clase vista

PREGUNTA #06:

Como estudiante ingresado o egresado de la carrera ¿cree conveniente la elaboración de un manual práctico de fundaciones superficiales y profundas

explicando el método geotécnico, que tenga un lenguaje más entendible, a la hora de complementar y asimilar la información impartida en clases?

SI	25	NO	0	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----

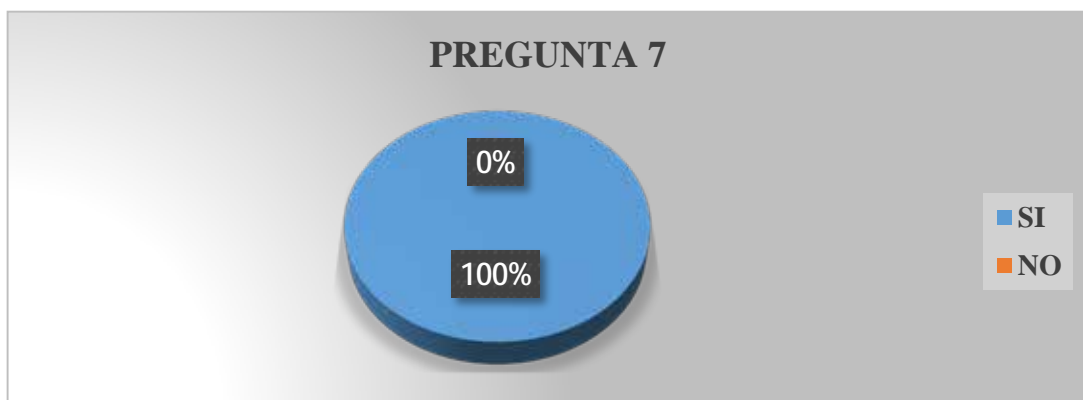


Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #06, el 100% de los encuestados, consideran que se debería de hacer un manual práctico de fundaciones y muros, por el método geotécnico.

PREGUNTA #07:

Como estudiante ingresado o egresado de la carrera ¿cree que la elaboración de este manual práctico explicando el método geotécnico, ayude a tener una mejor captación y entendimiento de dicha materia y método?

SI	25	NO	0	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----



Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #07, el 100% de los encuestados, consideran que la elaboración de este manual práctico, ayudara a disipar de buena manera, las dudas e incertidumbres que puedan tener los próximos estudiantes en dicha asignatura.

PREGUNTA #08:

Dentro de este manual práctico ¿le gustaría que se incluya, la explicación de cómo leer un estudio de suelos?

SI	25	NO	0	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----



Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #08, el 100% de los encuestados, indican de que les gustaría que en la asignatura de Fundaciones y Muros, se haga una explicación de cómo leer de buena manera, un estudio de suelos, esto con la finalidad de que el estudiante, complemente su aprendizaje durante la materia y el campo laboral.

PREGUNTA #09:

Dentro de este manual práctico ¿le gustaría que se incluya una unidad de nivelación o equivalencia en la cual se introduzcan material de estudio básico y necesario para la materia, como algunos contenidos de Mecánica de los Suelos, Geología, u otros temas que estén dentro de la línea de estudio de la cátedra?

SI	24	NO	1	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----



Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #09, el 96% de los encuestados, consideran, que la elaboración de una unidad de equivalencia o de nivelación, con contenidos programáticos ya vista en materias anteriores a la línea del pensum estudiantil de dicha asignatura, sería una herramienta muy buena.

PREGUNTA #10:

¿Cree conveniente incluir y hacer alusión a las norma venezolanas en dicho método?

SI	24	NO	1	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----



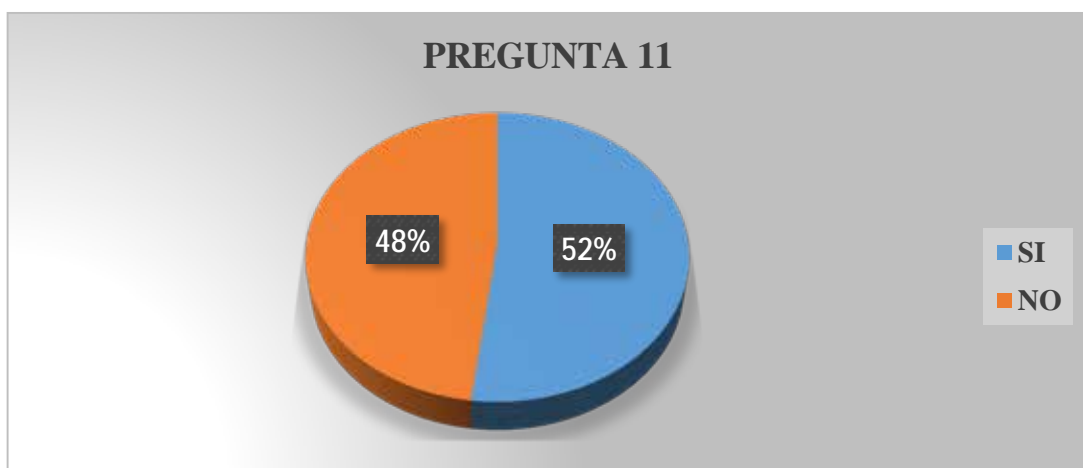
Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #10, el 96% de los encuestados, consideran que, incluir detalles con respecto a las normas

venezolanas, dentro de este método geotécnico, podría servir de beneficio, como un complemento informativo y educativo, ya sea para fines didácticos o laboral

PREGUNTA #11:

Durante la materia de fundaciones y muros ¿encontró ejercicios alegóricos al contenido dado para afianzar y practicar lo impartido en clases?

SI	13	NO	12	TOTAL	25
----	----	----	----	-------	----



Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #11, el 52% de los encuestados, indican que, si encontraron ejercicios alegóricos, con respecto al método de fundaciones y muros por el método geotécnico, pero esto es un porcentaje un poco bajo, ya que, hay un 48% de los encuestados no encontraron ejercicios alegóricos, y por ende este porcentaje de encuestados pudieron haber tenido problemas a la hora de complementar la información impartida durante la asignatura

PREGUNTA #12:

¿Cree conveniente que en el manual práctico se añadan ejercicios paso a paso, con tips y recomendaciones de expertos en la materia, para añadir mayor información para la captación y comprensión estudiantil?

SI	25	NO	0	TOTAL	25
----	----	----	---	-------	----



Análisis: de acuerdo a lo observado en la gráfica de la pregunta #12, el 100% de los encuestados, de manera unánime, indican de que dentro del manual práctico de fundaciones y muros por el método geotécnico, se incluyan ejercicios alegóricos a dicho método para así afianzar las unidades dadas en dicha asignatura, además de tips y recomendaciones por expertos de la materia, para complementar la información dada.

4.2.- DEFINICIÓN DE LAS BASES TEÓRICAS

En esta fase, definiremos las bases teóricas, en la cual está comprendido por la teoría y ecuaciones fundamentales, que serán usadas durante el manual práctico de fundaciones y muros por el método geotécnico, en base al pensum estudiantil de la cátedra.

Dichas bases teóricas para el manual práctico, están distribuidas en cinco (5) capítulos definidos de la siguiente manera

- **Capítulo I – Equivalencia:** capítulo adapta para refrescar conocimientos previos a la materia, con temas esenciales que serán usadas para dicho manual.
- **Capítulo II – Relaciones gravimétricas y volumétricas en un suelo:** capítulo en donde se explica paso a paso el análisis y estudio de una muestra extraída para conocer todas sus características, propiedades y comportamientos de dicho suelo en estudio.

- **Capítulo III – Fundaciones:** capítulo con lenguaje y contenido netamente teórico, para que los estudiantes tengan un conocimiento teóricos sobre las fundaciones para tener un conocimiento general de las mismas
- **Capítulo IV – Calculo para el diseño geotécnico de fundaciones superficiales:** capítulo en la cual comprende fórmulas y significado de cada variable, con ejercicios resueltos paso a paso con vocablos simples para la comprensión del estudiante aparte de incluir ejercicios propuestos para que desarrollen sus conocimientos.
- **Capítulo V – Calculo para el diseño geotécnico de fundaciones profundas:** capítulo en la cual comprende fórmulas y significado de cada variable, con ejercicios resueltos paso a paso con vocablos simples para la comprensión del estudiante aparte de incluir ejercicios propuestos para que desarrollen sus conocimientos.

Al ya tener estructurados los lineamientos para el contenido del manual, se procede a definir las bases teóricas, que serán parte de dicho manual practico

4.2.1.- IDENTIFICACION DE LOS SUELOS

La identificación de un suelo consiste en reconocer el tipo de suelo en un sistema de clasificación conocido, en este caso mediante una inspección visual, táctil y olfativa, acompañado de algunos ensayos manuales evaluados en forma cualitativa. Mientras que la descripción consiste en aportar información adicional de algunas características notorias del suelo como ser: el color, olor, forma de las partículas del suelo y otras características. Inclusive esta información descriptiva debe usarse para complementar la clasificación de un suelo mediante los ensayos convencionales de laboratorio.

4.2.2.- MECÁNICA DE LOS SUELOS.

En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa

superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a partir de 1925.

Todas las obras de ingeniería civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados, entre otros factores, por el desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para conformar los rellenos.

Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, productores a su vez de deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomes que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

4.2.3.- SUELOS

Son aquellos materiales que se acumulan en la superficie de la corteza terrestre. Los materiales que los conforman son:

- **Partículas sólidas:** son provenientes de la meteorización y erosión de las masas rocosas, también llamados sedimentos.
- **Agua:** provenientes de la infiltración y que se acumula entre las partículas sólidas, otros líquidos distintos al agua también pueden encontrarse en los suelos.
- **Aire:** ocupa el espacio que no puede ser ocupado por las partículas solidad ni por los líquidos presentes en los suelos. Al igual que en el caso anterior, también pueden ser sustituidos por otros gases.

4.2.4.- TIPOS DE SUELOS

SEGÚN EL DEPÓSITO SEDIMENTARIO ASOCIADO A SU FORMACIÓN

- **Coluviales:** son aquellos formados por fragmentos de rocas, de distintos tamaños que se acumularon por efecto de la gravedad
- **Aluviales:** son aquellos que se forman en zonas cercanas a los ríos, los fragmentos de rocas suelen estar redondeados por efectos del desgaste en el transporte por la corriente de agua.
- **Lacustres:** son aquellos que se forman alrededor de los lagos, suelen ser suelos muy blandos y de partículas bastantes pequeñas con bastante materia orgánica en su estructura.

SEGÚN EL LUGAR DE FORMACIÓN:

- **Transportados:** son aquellos, cuyas partículas fueron transportadas desde el lugar de origen hasta el depósito o sedimentación final.
- **Originarios o residuales:** son aquellas que se forman cerca del lugar de origen de los fragmentos de rocas que las constituyen.

SEGÚN EL GRADO DE COHESIÓN ENTRE SUS PARTÍCULAS

- **Suelos cohesivos:** son aquellos en los cuales la fuerza intermolecular o de cohesión es la que da la resistencia y define el comportamiento del suelo.
- **Suelos no cohesivos:** son aquellos suelos que no presentan fuerzas de cohesión entre sus partículas, o es muy pequeña en comparación con la fuerza de fricción entre sus partículas.

SEGÚN EL TAMAÑO DE SUS PARTÍCULAS

- **Arenosos:** constituidos por partículas cuyo tamaño esta entres 2mm y 0,75mm. Estos suelos poseen alta porosidad, retienen poca agua, sus partículas se pueden observar a simple vista y no son aptas para la agricultura.
- **Arcillosos:** formados por partículas provenientes de minerales arcillosos. El tamaño de sus partículas es menor a 0,75mm. Estos suelos retienen gran

cantidad de agua, son pocos permeables y se consideran suelos pesados para la agricultura ya que dificulta su arado.

- **Limosos:** formados por partículas que tienen tamaños menores de 0,075mm pero no provienen de minerales arcillosos. Este tipo se considera apto para la agricultura pero blando y poco apto para el soporte de edificaciones, tiene baja permeabilidad por lo que retiene bastante agua, pero este no reacciona con sus partículas.
- **Francos:** son suelos cuyas partículas poseen tamaños variados en porciones adecuadas de arena, arcilla y limo. Poseen una adecuada permeabilidad por lo que también son aptos para la agricultura de retener aguas y nutrientes.

4.2.5.- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

Primera letra:

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
G	GRAVA
S	ARENA
M	LIMO
C	ARCILLA
O	ORGANICO

Segunda letra:

LETRA	DEFINICIÓN
P	Pobremente gradado (tamaño de partícula uniforme)
W	Bien gradado (tamaños de partículas diversos)
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad

4.2.6.- ASOCIACIÓN AMERICANA DE OFICIALES DE CARRETERAS ESTATALES Y TRANSPORTES (AASHTO)

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. A pesar de su nombre, la asociación representa no sólo a las carreteras, sino también al transporte por aire, ferrocarril, agua y transporte público.

4.2.7.- PROPIEDADES DE LOS SUELOS

PROPIEDADES VOLUMETRICAS

AIRE (A)	Va	Vv	Vt
AGUA (W)	Vw		
SOLIDO (S)	Vs		

Volumen (Vt)

Se entiende por volumen a una magnitud métrica, euclidiano y de tipo escalar, que se puede definir como la extensión de un objeto en sus tres dimensiones, es decir, tomando en cuenta su longitud, ancho y altura. Los cuerpos físicos todos ocupan un espacio, que varía según sus proporciones, y la medida de dicho espacio es el volumen. Para calcular el volumen de un objeto bastará con multiplicar su longitud por su ancho y por su altura, o en el caso de sólidos geométricos, aplicar determinadas fórmulas a partir del área y la altura u otras variables parecidas.

$$Vt = Va + Vs + Vw$$

- **Volumen de aire (Va):** espacio en m³ que ocupa el aire en una muestra de suelo. A mayor volumen de aire, las posibilidades de poros en la muestra será proporcionalmente directa.

- **Volumen de agua (Vw):** espacio en m³ que ocupa el agua en una muestra de suelo. A mayor volumen de agua, la posibilidad de haber saturación en el suelo es directamente proporcional.
- **Volumen de sólido (Vs):** espacio en m³ que ocupa el sólido en una muestra de suelo. A mayor volumen de sólido, la muestra puede ser seca.
- **Volumen de los vacíos (Vv):** espacio en m³ que es la combinación de el volumen de agua con el volumen del aire, en una muestra del suelo

$$Vv = Va + Vw$$

$$Vt = Vv + Vs$$

RELACIONES VOLUMÉTRICAS.

- **Relación de vacíos:**

Es una relación entre el volumen de espacios vacíos, y el volumen de las partículas sólidas en una masa de suelo. Su valor puede ser menor a 1, y puede alcanzar valores muy altos. El término se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo dejando más o menos vacíos entre ellas. En suelos compactos, las partículas sólidas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodo y la capacidad de deformación bajo la aplicación de cargas será pequeña. En suelos poco compactos el volumen de vacíos y la capacidad de deformación serán mayores.

$$e = \frac{Vv}{Vs}$$

- **Porosidad:**

Se define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes. Se define también como la porción de suelo que está ocupada por aire y/o por agua. En suelos secos los poros estarán ocupados por aire y en suelos inundados, por agua. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica

Los poros que constituyen el espacio poroso del suelo se encuentran en un rango continuo de tamaño, sin embargo se dividen usualmente en dos tipos: los macroporos y los microporos o poros capilares.

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

· **Grado de saturación:**

Se define como el grado o la proporción en que los espacios vacíos de un suelo o una roca contienen fluido (agua, petróleo). Se expresa como un porcentaje en relación con el volumen total de vacíos. Es la relación porcentual entre el volumen de agua en una masa de suelo o roca, y el volumen total de espacios vacíos.

$$S = \frac{V_w}{V_v}$$

PROPIEDADES GRAVIMETRICAS

Wt	Wa	AIRE (A)
	Ww	AGUA (W)
	Ws	SOLIDO (S)

Peso (Wt)

Equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo. Por ser una fuerza, el peso se representa como un vector, definido por su módulo, dirección y sentido, aplicado en el centro de gravedad del cuerpo y dirigido aproximadamente hacia el centro de la Tierra.

$$W_t = W_a + W_s + W_w$$

- **Peso del aire (Wa):** fuerza ejercida por el aire en un espécimen de tierra, se considera despreciable debido a que el aire pesa 1,293 gramos que eso equivale en newton a un valor sumamente pequeño por lo cual se considera despreciable.
- **Peso del agua (Ww):** fuerza ejercida por el agua en un espécimen de tierra, este peso del agua solamente es el peso contenido que hay de agua en una muestra de suelo.

- **Peso del solido (Ws):** fuerza ejercida por el sólido en un espécimen de tierra, este peso del solido solamente es el peso contenido que hay de solido seco en una muestra de suelo.

RELACIONES GRAVIMÉTRICAS.

- **Contenido de humedad:**

Es la cantidad relativa de agua que se encuentra en un suelo respecto a la masa de sólidos o al volumen del suelo analizado. Se expresa en porcentaje (%), y es la relación entre el peso del agua del espécimen, y el peso de los sólidos. El problema es ¿cuál es el peso del agua? Para tal efecto se debe señalar que existen varias formas de agua en el suelo. Unas requieren más temperatura y tiempo de secado que otras, para ser eliminada. En consecuencia, el concepto “suelo seco” también es arbitrario, como lo es el agua que se pesa en el suelo de la muestra. El suelo seco es el que se ha secado al horno, a temperatura de 105°C – 110°C, durante 18 o 24 horas, hasta lograr un peso constante.

$$\frac{W_w}{W_s}$$

- **Peso específico:**

$$\frac{W_s}{V_t}$$

∅ **Peso específico del sólido:** Peso de las partículas sólidas, dividido por el volumen sólido de la muestra.

$$\frac{W_s}{V_s}$$

∅ **Peso específico saturado:** Peso específico correspondiente a una muestra saturada, con todos sus poros llenos de agua.

$$\frac{W_t}{V_t}$$

∅ **Peso específico del agua:** Peso de las partículas de agua, dividido por el volumen del agua de la muestra. Donde su valor en el sistema internacional es de 1000kg/m³.

$$\frac{W_w}{V_w}$$

· **Gravedad específica:**

La gravedad específica, también conocida como peso específico o densidad relativa, consiste en la relación o cociente que existe entre la densidad de una sustancia y la densidad de otra sustancia de referencia (es usual que en este caso se utilice agua). Estas densidades suelen tomarse como guías cuando se refiere a líquidos o sólidos. La gravedad específica aparente es la relación entre el peso volumétrico de una sustancia y el peso del volumen de otra. La gravedad específica suele usarse en la industria, ya que da información sobre la concentración de las soluciones a usar de forma sencilla.

∅ **Gravedad específica del sólido:** Relación numérica entre el peso en el aire de los sólidos de un espécimen de suelo a una temperatura dada, y el peso en el aire de un volumen igual (al de los sólidos) de agua destilada a la misma temperatura.

$$G_s = \frac{W_s}{W_w}$$

4.2.8.- FUNDACIONES.

La fundación es referida a la acción y el efecto de los elementos estructurales del edificio encargado de transmitir las cargas del terreno, por lo que la cimentación se realizará en función del mismo, o con elementos apoyados a este suelo distribuyéndose de forma que no superan la presión admisible, que puede admitir, aceptar o tolerar que produzca cargas zonales, este constituye al elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles para la estructura.

4.2.9.- TIPOS DE FUNDACIONES.

4.2.9.- FUNDACIONES SUPERFICIALES.

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas, Se considera cimentación superficial cuando tienen entre 0,50 m. y 4 m. de profundidad, y cuando las tensiones admisibles de las diferentes capas del terreno que se hallan hasta esa cota permiten apoyar el edificio en forma directa sin provocar asentamientos excesivos de la estructura que puedan afectar la funcionalidad de la estructura. Existen una amplia variedad de fundaciones superficiales, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- **Fundaciones aisladas:**

Se construyen debajo de una columna independiente, pueden tener forma cuadrada, rectangular o circular y se aplican donde la capacidad de carga del suelo es alta; esta forma una losa gruesa que puede ser plana, escalonada o inclinada.

- **Fundaciones continuas o corridas:**

Se construyen para soportar la carga de una pared continua o también para soportar una fila continua de columnas que se encuentran muy cercanas tal que sus bases extendidas se superponen o se tocan entre sí; en tal situación, es más económico construir.

- **Fundaciones combinadas:**

Admite dos columnas y se usa cuando estas columnas se encuentran muy cercanas tal que supondría que sus cimientos individuales se superponen, este tipo de zapata puede ser rectangular o trapezoidal y tiene la ventaja de que distribuye las cargas uniformemente.

- **Fundaciones conectadas:**

Este tipo de fundación consiste en la conexión de dos fundaciones directas mediante una viga rígida. Se conecta una fundación interior con una exterior que está impedida de desarrollar el área necesaria, y debido a la excentricidad de la carga de la columna está solicitada por momento, el cual es absorbido por la viga con la ayuda de la fundación interior. Cuando se considera que la viga actúa sobre el suelo, las fundaciones se dimensionan tomando en cuenta que la resultante de las cargas en las columnas debe pasar por el centro de gravedad del sistema y que en el área necesaria se debe incluir el área de la viga.

- **Placas de fundación:**

Es una losa armada de dos direcciones ortogonales, de grandes dimensiones, que sirve de cimiento a un grupo de columnas o muros o soporte de estructuras tales como los silos, tanques de agua, depósitos, chimeneas, torres de alta tensión, entre otros.

- **Losas de fundaciones:**

Se usa cuando la capacidad de carga del suelo es baja y cuando las columnas o las paredes están tan cerca que las zapatas individuales llegarían a superponerse o tocarse, hay de dos formas básicas, losas rectangulares o cuadradas y losas esféricas. Las losas con base de estera son útiles para reducir los asentamientos diferenciales en suelos no homogéneos o cuando existe una gran variación en las cargas en columnas individuales.

- **Pedestales:**

Soporte prismático destinado a sostener otro soporte mayor, conformando la parte inferior de una columna. Se da también el nombre de pedestal a todo soporte en forma de columna corta y ancha que sostiene una estatua u objeto análogo. Por su parte, se llama pedículo cuando la base funciona como pie, o pequeña columna, en que se apoya un objeto mayor que ella; por ejemplo, una pila bautismal o un púlpito.

- **Vigas de riostras:**

Son el elemento de la cimentación que une las zapatas aisladas entre sí consiguiendo que la cimentación sea más estable. Soportarán cargas considerables si unen zapatas con cargas excéntricas, denominándose en este caso vigas centradoras. Pueden tener también la función de soporte para los cerramientos del edificio.

- **Vigas de fundación:**

Son los elementos estructurales que se emplean para amarrar estructuras de cimentación tales como zapatas, dados de pilotes, pilas o caissons, etc.

4.2.9.2.- FUNDACIONES PROFUNDAS.

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Deben ubicarse más profundamente, para poder distribuir sobre una gran área, un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Existe una amplia variedad de fundaciones profundas, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- **Pilotines:**

son pilotes cortos y de pequeño diámetro (entres 10cm y 20 cm de diámetro), conocidos también por estacas o palos raíz, que se usan generalmente para estabilizar taludes, o en recalce y refuerzo de edificios que han comenzado a sufrir asentamientos, por estar sustentados en suelos blandos y compresibles. Los micropilotes o pilotines trabajan por punta y por adherencia, distribuyendo a lo largo de su altura las presiones laterales que ejercen los bulbos de presiones de las bases directas existentes, y a las cuales apuntalan.

- **Pilotes:**

Son fundaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilas en sus dimensiones. Los pilotes tienen usualmente sección transversal circular y por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 20cm y 80cm.

- **Pilas:**

Las pilas son fundaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilotes en sus dimensiones. Las pilas tienen usualmente sección transversal circular y por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 80cm y 220cm.

- **Pilotes prefabricados:**

Son elementos de hormigón o secciones metálicas en forma de columna que son introducidos en el terreno por medio de máquinas pilotadoras que disponen de equipos mecánicos o hidráulicos.

- **Pilotes moldeados in situ:**

Estos se realizan en perforaciones practicadas previamente mediante sondas de tipo rotativo. Generalmente son de mayor diámetro que los prefabricados y resisten mayores cargas.

- **Pilotes flotantes:**

Transmiten su carga al terreno fundamentalmente por rozamiento lateral a través del fuste y se emplean en terrenos sin un nivel claramente más resistente. Este sistema consiste en realizar una serie de pilotes o módulos de pantalla con una longitud determinada que soportan una losa de cimentación. El comportamiento de esta estructura se asemeja a la de una losa de gran canto, reduciendo los asentamientos en la estructura.

- **Pilotes hincados:**

Se utilizan como apoyos puntuales para cimentaciones de edificaciones sobre terreno sin capacidad portante y se hincan en el terreno con maquinaria pesada hasta

alcanzar una capa con suficiente capacidad portante o un estrato de rocas. Poseen una armadura interior y una armadura exterior en espiral para soportar las tracciones transversales generadas por el proceso de hinca; los pilotes también se fabrican pretensados. La cabeza del pilote es plana, el pie en punta.

4.2.10.-CALCULO PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES SUPERFICIALES

1.- PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (DF)

(SOTANOS)

2.- CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES

2.1.- En el caso de arcilla

- ∅ El número de golpes se promedia con la suma del número de golpes en el estrato de estudio entre la cantidad de los diferentes números de golpes

$$N_{corr} = \frac{\#golpes}{\text{Cantidas de numeros de golpes}}$$

- ∅ Con el valor del N_{corr} se busca en la tabla 2.3 y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (q_u), aparte de obtener las características del suelo

- ∅ Con el valor de q_u se busca en la tabla A-1 el esfuerzo admisible (σ_{adm})

2.2.- En el caso de arena

Existen dos formas de cálculo del número de golpes corregido

2.2.1.- Por Terzaghi:

$$N_{corr_{zn}} = 15 + \frac{N_{zn}}{2}$$

- $N_{corr_{zn}}$ = número de golpe corregido según la altura del estrato
- N_{zn} = número de golpe en la altura indicada

$$N_{corr_{total}} = \frac{N_{corr_{zn}}}{\#N_{corr_{zn}}}$$

- $N_{corr_{zn}}$ = sumatoria de los números de golpes corregidos
- $\#N_{corr_{zn}}$ = cantidad de numeros de golpes en el estrato

Nota: para aplicar este método se deben cumplir simultáneamente tres condiciones.

1. El estrato debe de ser arena fina o limosas
 2. El suelo tiene que estar saturado
 3. El número de golpes de cada altura del estrato debe ser mayor a 15 ($N > 15$)
- ∅ Con el valor del $N_{corr_{total}}$ se busca en la tabla 2.3 y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (q_u), aparte de obtener las características del suelo
- ∅ Con el valor de q_u se busca en la tabla A-1 el esfuerzo admisible (σ_{adm})

2.2.2.- Por Peck:

$$N_{corr_{zn}} = C_{N_{zn}} \cdot z_n$$

- $N_{corr_{zn}}$ = número de golpe corregido según la altura del estrato
- $C_{N_{zn}}$ = Factor de corrección propuesto por Peck por cada altura
- N_{zn} = número de golpe en la altura indicada

$$C_{N_{zn}} = \frac{200}{z_n}$$

- z_n = esfuerzo vertical en cada altura del estrato del estudio

$$z_n = \gamma_{relleno} \cdot h_{Df} + \gamma_{h_2O} \cdot h_{zn}$$

- $\gamma_{relleno}$ = peso específico del estrato de relleno
- h_{Df} = altura de desplante
- γ_{h_2O} = peso específico en el estrato en estudio
- γ_{20} = peso específico del agua
- h_{zn} = altura de estudio

$$N_{corr_{total}} = \frac{N_{corr_{zn}}}{\#N_{corr_{zn}}}$$

- $N_{corr_{zn}}$ = sumatoria del números de golpes corregidos
- $\#N_{corr_{zn}}$ = cantidad de numeros de golpes en el estrato

∅ Con el valor del $N_{corr_{total}}$ se busca en la tabla 2.3 y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (q_u), aparte de obtener las características del suelo

∅ Con el valor de q_u se busca en la tabla A-1 el esfuerzo admisible (σ_{adm})

3.- PREDIMENSIONADO

$$\sigma_{adm} = \frac{P}{A}$$

- σ_{adm} = esfuerzo admisible
- A = area
- P = fuerza axial

Donde:

- B = base
- L = longitud

4.- CHEQUEO DE LAS EXCENTRICIDADES

$$e_{menor} = \frac{M_y}{P}$$

- e_{menor} = excentricidad menor
- M_y = momento en el eje Y
- P = carga axial aplicada

$$e_{mayor} = \frac{M_x}{P}$$

- e_{mayor} = excentricidad mayor
- M_x = momento en el eje X
- P = carga axial aplicada

Donde:

$$e_{\text{menor}} = \frac{B}{6}$$

$$e_{\text{mayor}} = \frac{L}{6}$$

5.- CALCULO DE ASENTAMIENTO

5.1.- Asentamiento inmediato

Nota: ocurre en arenas secas o saturadas y en arcillas secas

$$s_{\text{imm}} = \frac{B}{E} \cdot q_{\text{act}} \cdot \left(1 + \frac{F_2}{P} \right)$$

- B = ancho (dimensión menor) del rectángulo
- L = Longitud (dimensión mayor) del rectángulo
- F_2 = influencia
- P = carga axial
- E = módulo de elasticidad del suelo
- q_{act} = carga actuante

5.2.- Asentamiento por consolidación

Nota: ocurre en arcillas húmedas y saturadas

$$s_{\text{cons}} = \frac{H_0}{1 + e_0} \cdot \left(\frac{v_0}{v_0} - \frac{v}{v_0} \right)$$

- Cc = Coeficiente de compresibilidad del suelo.
- v_0 = Presión efectiva promedio sobre el estrato de arcilla antes de la construcción de la cimentación.

- $v =$ Incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla causada por la construcción de la cimentación
- $e_0 =$ Relación de vacíos inicial del estrato de arcilla.
- $H_0 =$ Espesor de la capa de arcilla.

5.3.- Chequeo de asentamiento

$$\frac{v_{total}}{s_{total}} = \frac{v_{inm}}{s_{inm}} + \frac{v_{cons}}{s_{max_{perm}}}$$

6.- CHEQUEO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

6.1.- Dimensiones efectivas:

menor

mayor

6.2.- Ecuación de la capacidad de soporte

$$q_{ult'} = C \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot B' \cdot N_s \cdot F_{sd} \cdot F_{si}$$

- $C =$ Cohesion
- $q =$ carga actuante
- $N_c, N_q, N_s =$ factores unitario
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{sd} =$ factores carga
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{si} =$ factores forma
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{sd} =$ factores profundidad
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{si} =$ factores inclinacion

7.- CARGA ÚLTIMA TOTAL

8.- FACTOR DE SEGURIDAD POR CARGA

$$FS = \frac{Q_{ult'}}{Q_{total}}$$

$$A_{punta} = A_{secc} = \frac{2}{H_c}$$

$$Q_{ult} = C \cdot N_{c'} + q' N_{q'} \quad \text{corr} \quad \text{corr}^2$$

- C = cohesión
- $N_{c'}$; $N_{q'}$ = se calcula en la figura 9.14 con
- fricción
- H_c = altura desde el estrato en estudio hasta la punta del pilote
- $N_{prom_{corr}}$ = número de golpes corregidos ya sea en arcilla o arena
- B = base
- Q_{ult} = esfuerzo último

4.- CAPACIDAD POR FRICCIÓN

L

v

- K = factor de la forma de colocación
 - Ø excavado
 - Ø () desplazamiento
 - Ø () desplazamiento
- rugosidad
 - Ø = $\frac{1}{3}$ (acero)
 - Ø = $\frac{2}{3}$ (concreto)
- v = esfuerzo vertical efectivo
- Nota; se calcula desde la cabeza del pilote hasta la mitad del estrato en estudio

- L = altura desde el estrato en estudio
- B = base

5.- CAPACIDAD POR ADHERENCIA

$$C_u = \frac{q}{2}$$

6.- CALCULO DE LA CARGA ADMISIBLE

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{FS}$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_f + Q_{adh}$$

algun dato

7.- VERIFICACIÓN

longitud

4.3.- FASE III: ELABORACION DEL MANUAL PRÁCTICO

Una vez establecidas las bases teóricas, en la cual contiene los procedimientos, tablas y las leyendas de dichas fórmulas para cada tema, se procedió a la elaboración del manual práctico para fundaciones y muros por el método geotécnico. Cuenta con su respectivo prólogo, índice, teoría al tema, ejercicios explicativos de los temas, ejercicios propuestos, un anexo de tablas, nomogramas y graficas concluyendo con la bibliografía de la misma. Todo esto se muestra en el Apéndice A que será el Manual Práctico de Fundaciones y Muros de la universidad José Antonio Páez

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones

Como resultado de la investigación realizada del conocimiento adquirido de la información recopilada y enfocados en la tarea de contribuir en la mejora del proceso de aprendizaje para los alumnos de la asignatura de Fundaciones y Muros, así como también un complemento informativo para futuros estudiantes y egresados de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, se llega a las siguientes conclusiones:

- Con respecto a las formas pedagógicas implementadas y dadas por los profesores de dicha cátedra, los resultados del instrumento de la encuesta, denota que, los métodos explicativos tanto teóricos y prácticos durante la asignatura de fundaciones y muros son buenas, en base a lo cual, el problema de aprendizaje por parte de los estudiantes de dicha materia, no son por deficiencias pedagógicas.
- En relación con la disponibilidad de fuentes de información relacionadas al diseño geotécnico de sistemas de fundaciones superficiales y profundas, los resultados de la encuesta expresan que son parcialmente insuficientes, en base a lo cual se hace necesaria la implementación de un material de apoyo adicional y complementario para la asignatura de Fundaciones y Muros de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, lo que respalda la elaboración de un manual práctico que permita al estudiantado a tener en su alcance un material documental, en la cual contenga todo el contenido programático de dicho método geotécnico, para que no tenga dificultades a la hora de la búsqueda de información, para así fomentar y desarrollar los conocimientos adquiridos por dicha asignatura y método.
- En cuanto al impacto en la comprensión de los estudiantes a la materia al no tener un material enfocado al diseño geotécnico de fundaciones superficiales y profundas, el resultado de la encuesta, indica que, el hecho de no tener un materia

documental en donde se reúnan, todos los procedimientos geotécnicos, para el diseño de dichas fundaciones, implicó en tener un gran impacto de comprensibilidad, creando así disyuntiva e incertidumbre al momento de complementar y fomentar los conocimientos dados durante la materia. Lo cual la elaboración de este manual práctico, ayudaría al estudiante a tener una notable mejora de captación y comprensión de dicha asignatura, creando ejercicios explicativos paso a paso, con un vocablo más afable para los estudiantes, tips y recomendaciones proporcionadas por expertos de la materia o de la línea del pensum estudiantil de la asignatura.

- Acerca de las alusiones a la Norma Venezolana COVENIN, y a la lectura del estudio del suelo, los resultados de las encuestas, denotan que, la inclusión en el manual de una explicación breve sobre cómo hacer una lectura del estudio de suelos, y de a la artículos y capítulos de la Norma Venezolana COVENIN, serian excelentes para el complemento intelectual en dicha materia, ya que estos son recursos que van hacer usados durante la vida profesional del estudiante.

5.2.- Recomendaciones.

Como resultado del presente trabajo de investigación se presentan las siguientes recomendaciones:

- Hacer un análisis de cómo afecta la hidráulica en las fundaciones.
- Recomendación didáctica de este manual práctico de diseño geotécnico de fundaciones superficiales y profundas, como bibliografía extra para la asignatura.
- Realizar el estudio de un manual práctico, en la cual se unan tanto el diseño geotécnico como el diseño estructural de fundaciones y muros
- Elaborar guías técnicas de cálculo para las demás materias vistas en la carrera de Ingeniería Civil.
- Investigar el impacto ambiental, que puede se puede obtener al realizar un estudio geotécnico de una construcción.

- Incorporar dentro de la asignatura, el uso de programas tecnológicos, como SAFE, SAP2000 o ETABS, para llevar al ámbitos de la vida profesional más cercana a la realidad a los estudiantes
- Evaluar la posibilidad de llevar más seguidos a los estudiantes, a obras civiles en construcción, para afianzar y llevar los conocimientos dados en la asignatura, al campo laboral.
- Investigar acerca de la comparación entre el diseño geotécnico y el diseño estructural, para visualizar cuál de los dos diseños, nos lleva a una construcción de la misma, más económica y factible
- Realizar una guía técnica o manual práctico, sobre cómo hacer una buena lectura de un estudio de suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- Lambe, W. & Whitman, R. (1972), **“Mecánica de suelos”**. México
Editorial Limusa Wiley
- Terzaghi, K. & Peck, R. (1973), **“Mecánica de suelos en la ingeniería práctica”**.
Buenos Aires, Argentina,
Editorial el Ateneo
- Bowles, J. (1982), **“Propiedades Geofísicas de los Suelos”**. Bogotá, Colombia
Editorial McGraw-Hill.
- Das, B. (2001), **“Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”**, México
Editorial International Thomson Learning.
- Fratelli, M. (1993), **“Suelos, Fundaciones y Muros”**. Caracas, Venezuela.
Editorial Bonalde Editores.

ANEXO A
Instrumento a usar en las encuesta



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ENCUESTA A ESTUDIANTES

La presente encuesta tiene como propósito recabar información sobre la necesidad de una **“MANUAL PRÁCTICO PARA FUNDACIONES Y MUROS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ”** realizada por el estudiante **Pablo Enrique Concepción López**, portador de la cedula **C.I. 26.337.427**.

El uso de la misma fue a través de la herramienta online **Google Drive**, esto para poder tener un mayor alcance del instrumento para los egresados que están fuera del país, o en sus ocupaciones, y para ingresados ya que no todos coinciden en una misma aula de clases

No hace falta su identificación personal, sólo es de interés los datos que puede aportar.

Instrucciones:

- Lea cuidadosamente cada una de las proposiciones.
- Trate de no omitir ninguna respuesta.
- Marque con una X en la casilla correspondiente a la alternativa que considere más apropiado, según su criterio.

ENCUESTA

PREGUNTAS	SI	NO
1 ¿Las formas pedagógicas impartidas dentro de la cátedra, te ayudaron a comprender mejor la materia?		
2 Durante el curso de la cátedra de fundaciones y muros ¿consiguió material documental de fundaciones superficiales y profundas por el método geotécnico impartido en clases?		
3 ¿Cree usted que tuvo impacto en su comprensión a la materia al no tener un material adecuado enfocado al método geotécnico de fundaciones superficiales y profundas?		
4 Como estudiante ingresado o egresado de la carrera ¿cree conveniente la elaboración de un manual práctico de fundaciones superficiales y		

profundas explicando el método geotécnico, que tenga un lenguaje más entendible, a la hora de complementar y asimilar la información impartida en clases?		
5 Como estudiante ingresado o egresado de la carrera ¿cree que la elaboración de este manual práctico explicando el método geotécnico, ayude a tener una mejor captación y entendimiento de dicha materia y método?		
6 Dentro de este manual práctico ¿le gustaría que se incluya, la explicación de cómo leer un estudio de suelos?		
7 Dentro de este manual práctico ¿le gustaría que se incluya una unidad de nivelación o equivalencia en la cual se introduzcan material de estudio básico y necesario para la materia, como algunos contenidos de Mecánica de los Suelos, Geología, u otros temas que estén dentro de la línea de estudio de la cátedra?		
8 ¿Cree conveniente incluir y hacer alusión a las norma venezolanas en dicho método?		
9 Durante la materia de fundaciones y muros ¿encontró ejercicios alegóricos al contenido dado para afianzar y practicar lo impartido en clases?		
10 ¿Cree conveniente que en el manual práctico se añadan ejercicios paso a paso, con tips y recomendaciones de expertos en la materia, para añadir mayor información para la captación y comprensión estudiantil?		

ANEXO B
Validación del instrumento



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Profesora: Ing. Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del cuestionario que se anexa, para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **“MANUAL PRÁCTICO PARA EL DISEÑO GEOTECNICO DE FUNDACIONES AISLADAS Y PILOTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ”** realizada el estudiante, Pablo Enrique Concepción López, portador de la cédula de identidad N° 26.337.427.

La elaboración del cuestionario es tipo dicotómico, con respuestas cerradas: si o no.

En espera de su validación, o de sus observaciones.

TABLA DE ESPECIFICACIONES

Instrumento: Cuestionario dirigido a los estudiantes egresados de Ing. Civil de la Ujap para recabar información sobre la realización de la tesis, **“MANUAL PRÁCTICO PARA EL DISEÑO GEOTECNICO DE FUNDACIONES AISLADAS Y PILOTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ”**,

realizada el bachiller Pablo Concepción C:I: 26.337.427

ÍTEM	1		2		3	
	si	no	si	no	si	no
Aspectos						
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM	4		5		6	
	si	no	si	no	si	no
Aspectos						
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM	7		8		9		10	
	si	no	si	no	si	no	si	no
Aspectos								
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X		X	

4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X		X	
-----------------------------------	---	--	---	--	---	--	---	--

Apellido y Nombre del Docente: _____

Cédula de Identidad: _____

Profesión: _____ **Magister en:** _____

Firma _____

ANEXO C
Confiabilidad del instrumento

CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE KUDER RICHARDSON APLICADO A 25 ESTUDIANTES

PROPONER EL DISEÑO DE UN MANUAL PRÁCTICO PARA FUNDACIONES Y MUROS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	7
2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4
3	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7
4	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	4
5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
8	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	7
9	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9
11	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	6
12	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
13	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4
14	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
15	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	8
16	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	6
17	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	5
18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
19	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
20	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4
21	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	6
22	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	8
23	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	7
24	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	8
25	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	7
P	0,7	0,6	0,4	0	0,68	0,52	0,72	0,4	0,36	0,72	Vt = 5,526
Q	0,3	0,4	0,6	1	0,32	0,48	0,28	0,6	0,64	0,28	
P*Q	0,2	0,2	0,24	0	0,22	0,25	0,2	0,24	0,23	0,2	* Q 2,2528

CÁLCULO DEL COEFICIENTE KUDER RICHARDSON

$$KR(2) = \frac{N \times Vt - P*Q}{N-1 \times Vt} = \frac{25 \times 5,526 - 2,2528}{24 \times 5,526} = 0,64$$

LEYENDA

P = Probabilidades positivas de cada pregunta
 Q = Probabilidades Negativas de cada pregunta
 Vt = Varianza de las preguntas positivas
 N = Número de Items 25

ESCALA KUDER RICHARDSON

RANG	MAGNITU
0,81 a 1	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

Fuente : Ruiz 2002

APÉNDICE A
MANUAL PRÁCTICO DE FUNDACIONES Y MUROS
DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Manual Práctico
Geotécnico
de
Fundaciones y
Muros

Por: Pablo E. Concepción L.

PRÓLOGO

Previo al desarrollo de una obra, los ingenieros civiles o arquitectos necesitan conocer las características específicas del terreno donde dicha obra será ejecutada.

La geotecnia es la ciencia aplicada de predecir el comportamiento de la Tierra, sus diversos materiales y procesos para hacer que la tierra sea más adecuada para las actividades humanas y el desarrollo.

Las fundaciones son la parte de la estructura que transmiten las cargas al terreno. Son las encargadas de unir la estructura con el suelo, de recibir las cargas y distribuirlas de manera tal, que el terreno sea capaz de soportarlas, de ahí la importancia de estos elementos estructurales.

A lo largo de los años en la universidad José Antonio Páez, a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil se le ha impartido la asignatura de fundaciones y muros.

Como estudiante de la carrera he tenido el interés de recopilar dichos conocimientos de diseños geotécnicos de fundaciones superficiales y profundas en una guía.

La guía fundaciones y muros geotécnico en su volumen I, permitirá disponer de los procedimientos paso a paso de cálculo y diseño de fundaciones superficiales y profundas en un solo documento y ayudará a los nuevos estudiantes de la carrera a tener un concepto más completo de las fundaciones con respecto a un estudio geotécnico.

Los estudiantes podrán aprender, comprender y analizar técnicas de diseño geotécnico de fundaciones superficiales y profundas, siendo de provecho para los estudiantes de dicha cátedra y también para los profesionales de la misma carrera.

Mi expectativa con esta guía, es que sea utilizada como recurso didáctico y documental adicional que permita comprender y complementar los conocimientos adquiridos para el diseño de las fundaciones, no solamente para los estudiantes sino también para los profesionales.

INTRODUCCIÓN

En los trabajos de Ingeniería Civil es indispensable el dominio de las fundaciones superficiales y profundas por el diseño geotécnico, ya que para cualquier tipo de proyecto estructural es necesario realizar unas buenas bases para que dichas estructuras soporten las cargas estructurales antes, durante y después de la construcción, sobre una superficie superficial y sub-superficial, para que dichas cargas sean transmitidas y distribuidas, sobre todo el estrato del suelo en estudio.

El ingeniero civil debe ser quien domine y maneje la situación y el aspecto estructural de todo proyecto, estableciendo un cálculo previo de cargas y esfuerzos, horizontales, verticales, aparte de las fuerzas sísmicas y movimiento del suelo.

Por ende los estudiantes de Ingeniería Civil deben entender la importancia de llevar a cabo un buen concepto y diseño de las fundaciones superficiales y profundas, al ser esencial en su carrera, debido a que un mal manejo de concepto o especificaciones a la hora de hacer un pre dimensionado o verificación de dichas fundaciones, la obra podría llegar al fracaso.

En el presente manual práctico del diseño geotécnico de fundaciones superficiales y profundas para la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, se le presenta a los estudiantes de la escuela al igual que a los egresados de la misma, un documento bibliográfico extra, sobre cómo hacer un diseño de zapatas y pilotes por el método geotécnicos, sin antes pasar por un breve conocimiento y refrescamiento de temas importantes que se implementaran en dichos métodos, con la finalidad de que los ingresados y egresados de la escuela de civil, tengan un complemento informativo y educativo para la formación de conceptos y criterios para la creación de las fundaciones.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pg
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULOS	
I.- EQUIVALENCIA	
1.1.- Mecánica de los suelos	8
1.2.- Problemas planteados por el terreno en la ingeniería civil	8
1.3.- Historia de la mecánica de suelos	9
1.4.- Origen formación y constitución del suelo	11
1.5.- El suelo	11
1.6.- ¿Cómo está compuesto el suelo?	11
1.7.- Características del suelo	12
1.8.- Tipos de suelos	12
1.8.1.- Según su estructura	12
1.8.2.- Según sus características físicas	13
1.8.3.- Según el depósito sedimentario asociado a su formación.	13
1.8.4.- Según el lugar de formación:	14
1.8.5.- Según el grado de cohesión entre sus partículas	14
1.8.6.- Según el tamaño de sus partículas	14
1.9.- Horizontes del suelo	14
1.10.- Consistencia y plasticidad del suelo	16
1.10.1.- Consistencia	16
1.10.2.- Plasticidad	16
1.11.- Límites de Atterberg	16
1.12.- Estados de consistencia	17
1.13.- Límites de consistencia	17
1.14.- Rangos de consistencia	17
1.15.- Clasificación de suelos.	18
1.15.1.- Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)	19
1.15.2.-Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO)	20
II.- RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS EN UN SUELO	
2.1.- Propiedades volumétricas	24
2.1.1.- Volumen (Vt):	24
2.2.- Relaciones volumétricas.	25
2.2.1.- Relación de vacíos:	25
2.2.2.- Porosidad:	25
2.2.3.- Grado de saturación:	25
2.3.- Propiedades gravimétricas	26

2.3.1.- Peso (Wt)	26
2.4.-Relaciones gravimétricas.	26
2.4.1.- Contenido de humedad:	26
2.4.2.- Peso específico:	27
2.5.- Gravedad específica:	27
2.6.- Resumen de fórmulas a usar	28
2.7.- Ejercicios de relaciones gravimétricas y volumétricas:	28
2.7.1.- Ejercicio #01	28
2.7.2.- Ejercicio #02	31
2.8.- Ejercicios propuestos	34
III.- FUNDACIONES	
3.1.- ¿Cómo comenzar a fundar una estructura?	37
3.2.- Tipos de fundaciones.	37
3.2.1.- Fundaciones superficiales.	37
3.2.1.1.- Fundaciones aisladas	37
3.2.1.2.- Fundaciones continuas o corridas	37
3.2.1.3.- Fundaciones combinadas:	37
3.2.1.4.- Fundaciones conectadas:	37
3.2.1.5.- Placas de fundación	38
3.2.1.6.- Losas de fundaciones	38
3.2.1.7.- Pedestales	38
3.2.1.8.- Vigas de riostras	38
3.2.1.9.- Vigas de fundación	39
3.3.- ¿Cuándo una cimentación es superficial y en qué casos se utilizan?	39
3.4.- Fundaciones profundas	39
3.4.1.- Tipos de pilotes según el tamaño del diámetro	39
3.4.1.1.- Pilotines.	39
3.4.1.2.- Pilotes.	40
3.4.1.3.- Pilas.	40
3.4.2.- Tipos de pilotes según su fabricación	40
3.4.2.1.- Pilotes prefabricados:	40
3.4.2.2.- Pilotes hincados:	40
3.4.2.3.- Pilote in situ de desplazamiento con azuche	40
3.4.2.4.- Pilote in situ de desplazamiento con tapón de gravas	40
3.4.2.5.- Pilote in situ de extracción con entubación recuperable	41
3.4.2.6.- Pilote in situ de extracción con camisa perdida	41
3.4.2.7.- Pilote in situ perforado sin entubación con lodos tixotrópicos	41
3.4.2.8.- Pilote in situ barrenado sin entubación	41
3.4.2.9.- Pilote in situ barrenado y hormigonado por tubo central de barrena	42

3.4.2.10.- Pilotes excéntricos	42
3.4.2.11.- Micropilotes	43
3.5.- Casos en que se usan pilotes	44
3.6.- ¿Cómo trabaja el pilotaje?	45
3.6.1.- Rígida de primer orden.	45
3.6.2.- Rígida de 2º orden	45
3.6.3.- Flotante.	46
IV.- DISEÑO GEOTÉCNICO DE FUNDACIONES SUPERFICIALES	
4.1.- Profundidad de desplante (df)	47
4.2.- Corrección del número de golpes	47
4.2.1.- En el caso de arcilla	47
4.2.2.- En el caso de arena	47
4.2.2.1.- Por Terzaghi:	47
4.2.2.2.- Por Peck:	48
4.3.- Predimensionado	48
4.4.- Chequeo de las excentricidades	49
4.5.- Cálculo de asentamiento	49
4.5.1.- Asentamiento inmediato	49
4.5.2.- Asentamiento por consolidación	50
4.5.3.- Chequeo de asentamiento	50
4.6.- Chequeo de la capacidad portante	50
4.6.1.- Dimensiones efectivas:	50
4.6.2.- Ecuación de la capacidad de soporte	50
4.7.- Carga última total	51
4.8.- Factor de seguridad por carga	51
4.9.- Factor de seguridad por esfuerzo con respecto a la carga máxima	51
4.10.-Ejercicios de diseño geotécnico de fundaciones superficiales	51
4.10.1.- Ejercicio #01	51
4.10.2.- Ejercicio #02	62
4.11.- Ejercicios propuestos	76
V.- DISEÑO GEOTÉCNICO DE FUNDACIONES PROFUNDAS	
5.1.- Determinación de la carga nominal	77
5.2.- Determinar el número de pilotes	78
5.3.- Capacidad por punta	78
5.4.- Capacidad por fricción	79
5.5.- Capacidad por adherencia	79
5.6.- Cálculo de la carga admisible	79
5.7.- Verificación	80
5.8.- Ejercicio	80

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO	Pg.
TABLAS	
Tabla 1	A
Tabla 2	A
Tabla 3	B
Tabla 4	B
Tabla 5	B
Tabla 6	C
FIGURAS	
Figura 1	D
Figura 2	E
Figura 3	F
Figura 4	G
Figura 5	H
Figura 6	I
Figura 7	J

CAPÍTULO I:

EQUIVALENCIA

1.1.- MECÁNICA DE LOS SUELOS



Terzaghi dice: La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.

La mecánica de suelos incluye:

- Teorías sobre los comportamientos de los suelos sujetos a cargas, basados en simplificaciones necesarias dados el estado actual de la teoría.
- Investigación de las propiedades físicas de los suelos.
- Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

En los suelos se tiene no solo los problemas que se presentan en el acero y concreto (módulo de elasticidad y resistencia a la ruptura), y exagerados por la mayor complejidad del material, sino otros como su tremenda variabilidad y que los procesos naturales formadores de suelos están fuera del control del ingeniero.

En la mecánica de suelos es importante el tratamiento de las muestras (inalteradas – alteradas). La mecánica de suelos desarrolló los sistemas de clasificación de suelos – color, olor, texturas, distribución de tamaños, plasticidad (A. Casagrande).

El muestreo y la clasificación de los suelos son dos requisitos previos indispensables para la aplicación de la mecánica de suelos a los problemas de diseño.

1.2.- PROBLEMAS PLANTEADOS POR EL TERRENO EN LA INGENIERÍA CIVIL.

En su trabajo práctico el ingeniero civil ha de enfrentarse con muy diversos e importantes problemas planteados por el terreno. Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil, edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, torres, canales o presas,

deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella. Para que una estructura se comporte satisfactoriamente debe poseer una cimentación adecuada.

Cuando el terreno firme está próximo a la superficie, una forma viable de transmitir al terreno las cargas concentradas de los muros o pilares de un edificio es mediante zapatas. Un sistema de zapatas se denomina cimentación superficial. Cuando el terreno firme no está próximo a la superficie, un sistema habitual para transmitir el peso de una estructura al terreno es mediante elementos verticales como pilotes o caissons.

El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en muchas zonas constituye, de hecho, el único material disponible localmente. Cuando el ingeniero emplea el suelo como material de construcción debe seleccionar el tipo adecuado de suelo, así como el método de colocación y, luego, controlar su colocación en obra. Ejemplos de suelo como material de construcción son las presas en tierra, rellenos para urbanizaciones o vías.

Otro problema común es cuando la superficie del terreno no es horizontal y existe una componente del peso que tiende a provocar el deslizamiento del suelo. Si a lo largo de una superficie potencial de deslizamiento, los esfuerzos tangenciales debidos al peso o cualquier otra causa (como agua de filtración, peso de una estructura o de un terremoto) superan la resistencia al corte del suelo, se produce el deslizamiento de una parte del terreno.

Las otras estructuras muy ligadas a la mecánica de suelos son aquellas construidas bajo la superficie del terreno como las alcantarillas y túneles, entre otros, y que está sometida a las fuerzas que ejerce el suelo en contacto con la misma. Las estructuras de contención son otro problema a resolver con el apoyo de la mecánica de suelo entre las más comunes están los muros de gravedad, los tablestacados, las pantallas ancladas y los muros en tierra armada.

1.3.- HISTORIA DE LA MECÁNICA DE SUELOS

- En la dinastía Chou, 1000 A. C, se dan recomendaciones para construir los caminos y puentes. El siglo XVII trae las primeras contribuciones literarias sobre ingeniería de suelos y el siglo XVIII marca el comienzo de la Ingeniería Civil, cuando la ciencia se toma como fundamento del diseño estructural.

- Vauban, 1687, ingeniero militar francés da reglas y fórmulas empíricas para construcción de muros de contención.
- Bullet, 1691, (francés), presenta la primera teoría sobre empuje de tierras y a ella contribuyen los franceses Couplet (1726), Coulomb (1773), Rondelet (1802), Navier (1839), Poncelet (1840) y Collin (1846). Más adelante el escocés Rankine (1857) y el suizo Culman (1866).
- En 1773, Coulomb (francés), relaciona la resistencia al corte con la cohesión y fricción del suelo. En 1857, Rankine (escocés), presenta su teoría del empuje de tierras. En 1856, se presenta la "Ley de Darcy" (Francia) y la "Ley de Stokes" (Inglaterra), relacionadas con la permeabilidad del suelo y la velocidad de caída de partículas sólidas en fluidos.
- Culman (1866) aplica gráficamente la teoría de Coulomb a muros de contención. En 1871, Mohr (Berlín) desarrolla el cálculo de esfuerzos (una representación gráfica) en un punto del suelo dado.
- 1873, Bauman (Chicago) afirma que el área de la zapata depende de la carga de la columna y recomienda valores de carga en arcillas.
- En 1885 Boussinesq (Francia) presenta su teoría de distribución de esfuerzos y deformaciones por cargas estructurales sobre el terreno.
- En 1890, Hazen (USA) mide propiedades de arenas y cascajo para filtros. En 1906, Strahan (USA) estudia la granulometría para mezclas en vía.
- En 1906, Müller, experimenta modelos de muros de contención en Alemania. En 1908, Warston (USA), investiga las cargas en tuberías enterradas.
- En 1911, Atterberg (Suecia), establece los límites de Atterberg para suelos finos.
- En 1913, Fellenius (Suecia), desarrolla métodos de muestreo y ensayos para conocer la resistencia al corte de los suelos y otras propiedades. Además, desarrolla el método sueco del círculo para calcular la falla en suelos cohesivos.
- En 1925, Terzaghi, presenta en Viena el tratado ERDBAUMECHANIK que hace de la Mecánica de Suelos una rama autónoma de la Ingeniería. El científico de Praga, Karl Terzaghi, es el padre de la Mecánica de Suelos.

1.4.- ORIGEN FORMACIÓN Y CONSTITUCIÓN DEL SUELO

El geotecnista debe conocer el contexto geológico del suelo, e incluso el climatológico y agrológico. Sin ese entendimiento, su trabajo estará lleno de incertidumbres que pueden traducirse en pérdidas de oportunidades al desconocer propiedades inherentes y sobretodo, se podrán incorporar elementos de riesgo para el diseño, por omitir circunstancias fundamentales intrínsecas y ambientales.

1.5.- EL SUELO

El suelo es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. Los suelos no siempre son iguales y cambian de un lugar a otro por razones climáticas y ambientales, de igual forma los suelos cambian su estructura, estas variaciones son lentas y graduales.



Los suelos se forman por la destrucción de la roca y la acumulación de materiales distintos a lo largo de los siglos, en un proceso que involucra numerosas variantes físicas, químicas y biológicas, que da como resultado una disposición en capas bien diferenciadas, como las de un pastel, observables en los puntos de falla o fractura de la corteza terrestre.

1.6.- ¿CÓMO ESTÁ COMPUESTO EL SUELO?

El suelo está compuesto por ingredientes sólidos, líquidos y gaseosos, tales como:

- **Sólidos:** El esqueleto mineral del suelo se compone principalmente de rocas, como silicatos (micas, cuarzos, feldspatos), óxidos de hierro (limonita, goetita) y de aluminio (gibbsita, boehmita), carbonatos (calcita, dolomita), sulfatos (aljez), cloruros, nitratos y sólidos de origen orgánico u orgánico-mineral, como los distintos tipos de humus.
- **Líquidos:** Abunda el agua en el suelo, pero no siempre en estado puro (como en los yacimientos) sino cargada de iones y sales y diversas sustancias orgánicas. El agua en el suelo se desplaza por capilaridad, dependiendo de lo permeable del suelo, y transporta numerosas sustancias de un nivel a otro.

- **Gaseosos:** El suelo presenta varios gases atmosféricos como el oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂), pero dependiendo de la naturaleza del suelo puede tener también presencia de hidrocarburos gaseosos como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Los gases del suelo son tremendamente variados.

1.7.- CARACTERISTICAS DEL SUELO

Las propiedades y características del suelo son enormemente variadas, de acuerdo al tipo de suelo y a la historia particular de la región donde se encuentra. Pero a grandes rasgos podemos identificar las siguientes características:

- **Variabilidad:** Los suelos presentan por lo general componentes poco homogéneos en su tamaño y constitución, por lo que a pesar de mostrarse como una mezcla homogénea, en realidad poseen rocas y elementos de diverso tamaño y diversa naturaleza.
- **Fertilidad:** La posibilidad de los suelos de albergar nutrientes derivados del nitrógeno, azufre y otros elementos de importancia para la vida vegetal, se llama fertilidad y está relacionada con la presencia de agua y materia orgánica, y con la porosidad del suelo.
- **Mutabilidad:** Si bien los procesos de cambio del suelo son a largo plazo y no podemos constatarlos de manera directa, es verdad que se encuentran en constante mutación física y química.
- **Solidez:** Los suelos presentan distintas propiedades físicas, entre ellas la solidez y la textura: existen algunos más compactos y rígidos, otros más maleables y blandos, dependiendo de su historia geológica particular.

1.8.- TIPOS DE SUELOS

Existen diversos tipos de suelo, cada uno fruto de procesos distintos de formación, fruto de la sedimentación, la deposición eólica, la meteorización y los residuos orgánicos. Pueden clasificarse de acuerdo a dos distintos criterios, que son:

1.8.1.- SEGÚN SU ESTRUCTURA.

- **Suelos arenosos:** Incapaces de retener el agua, son escasos en materia orgánica y por lo tanto poco fértiles.
- **Suelos calizos:** Abundan en minerales calcáreos y por lo tanto en sales, lo cual les confiere dureza, aridez y color blanquecino.

- **Suelos humíferos:** De tierra negra, en ellos abunda la materia orgánica en descomposición y retienen muy bien el agua, siendo muy fértiles.
- **Suelos arcillosos:** Compuestos por finos granos amarillentos que retienen muy bien el agua, por lo que suelen inundarse con facilidad.
- **Suelos pedregosos:** Compuestos por rocas de distintos tamaños, son muy porosos y no retienen en nada el agua.
- **Suelos mixtos:** Suelos mezclados, por lo general entre arenosos y arcillosos.

1.8.2.- SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- **Litsoles:** Capas delgadas de suelo de hasta 10cm de profundidad, con vegetación muy baja y también llamado “leptosoles”.
- **Cambisoles:** Suelos jóvenes con acumulación inicial de arcillas.
- **Luvisoles:** Suelos arcillosos con una saturación de bases del 50% o superior.
- **Acrisoles:** Otro tipo de suelo arcilloso, con saturación de bases inferior al 50%.
- **Gleysoles:** Suelos de presencia de agua constante o casi constante.
- **Fluvisoles:** Suelos jóvenes de depósitos fluviales, por lo general ricos en calcio.
- **Rendzina:** Suelos ricos en materia orgánica sobre piedra caliza.
- **Vertisoles:** Suelos arcillosos y negros, ubicados cerca de escurrimientos y pendientes rocosas.

1.8.3.- SEGÚN EL DEPÓSITO SEDIMENTARIO ASOCIADO A SU FORMACIÓN.

- **Coluviales:** son aquellos formados por fragmentos de rocas, de distintos tamaños que se acumularon por efecto de la gravedad
- **Aluviales:** son aquellos que se forman en zonas cercanas a los ríos, los fragmentos de rocas suelen estar redondeados por efectos del desgaste en el transporte por la corriente de agua.
- **Lacustres:** son aquellos que se forman alrededor de los lagos, suelen ser suelos muy blandos y de partículas bastantes pequeñas con bastante materia orgánica en su estructura.

1.8.4.- SEGÚN EL LUGAR DE FORMACIÓN:

- **Transportados:** son aquellos, cuyas partículas fueron transportadas desde el lugar de origen hasta el depósito o sedimentación final.
- **Originarios o residuales:** son aquellas que se forman cerca del lugar de origen de los fragmentos de rocas que las constituyen.

1.8.5.- SEGÚN EL GRADO DE COHESIÓN ENTRE SUS PARTÍCULAS

- **Suelos cohesivos:** son aquellos en los cuales la fuerza intermolecular o de cohesión es la que da la resistencia y define el comportamiento del suelo.
- **Suelos no cohesivos:** son aquellos suelos que no presentan fuerzas de cohesión entre sus partículas, o es muy pequeña en comparación con la fuerza de fricción entre sus partículas.

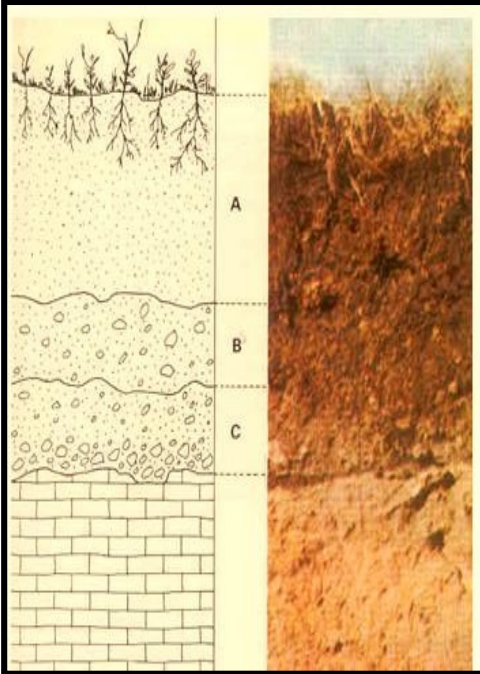
1.8.6.- SEGÚN EL TAMAÑO DE SUS PARTÍCULAS

- **Arenosos:** constituidos por partículas cuyo tamaño esta entre 2mm y 0,75mm. Estos suelos poseen alta porosidad, retienen poca agua, sus partículas se pueden observar a simple vista y no son aptas para la agricultura.
- **Arcillosos:** formados por partículas provenientes de minerales arcillosos. El tamaño de sus partículas es menor a 0,75mm. Estos suelos retienen gran cantidad de agua, son pocos permeables y se consideran suelos pesados para la agricultura ya que dificulta su arado.
- **Limosos:** formados por partículas que tienen tamaños menores de 0,075mm pero no provienen de minerales arcillosos. Este tipo se considera apto para la agricultura pero blando y poco apto para el soporte de edificaciones, tiene baja permeabilidad por lo que retiene bastante agua, pero este no reacciona con sus partículas.
- **Franco:** son suelos cuyas partículas poseen tamaños variados en porciones adecuadas de arena, arcilla y limo. Poseen una adecuada permeabilidad por lo que también son aptos para la agricultura de retener aguas y nutrientes.

1.9.- HORIZONTES DEL SUELO

Se llaman horizontes del suelo a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura,

adherencia, etc. El perfil del suelo es la organización vertical de todos estos horizontes. Clásicamente, se distingue en los suelos completos o evolucionados tres horizontes fundamentales que desde la superficie hacia abajo son:



- **Horizonte O:** "Capa superficial del horizonte A"

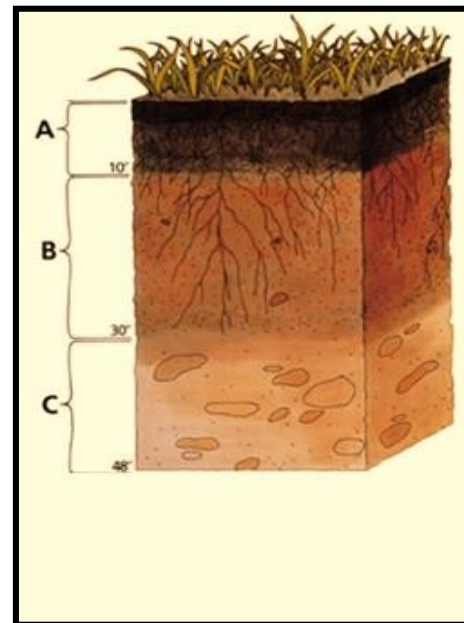
- **Horizonte A, o zona de lavado vertical:** Es el más superficial y en él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la abundancia de materia orgánica descompuesta o humus elaborado, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles.

- **Horizonte B o zona de Precipitado:** Carece prácticamente de humus, por lo que su color es más claro (pardo o rojo), en él se depositan los

materiales arrastrados desde arriba, principalmente, materiales arcillosos, óxidos e hidróxidos metálicos, etc., situándose en este nivel los encostramientos calcáreos áridos y las corazas lateríticas tropicales.

- **Horizonte C o subsuelo:** Está constituido por la parte más alta del material rocoso in situ, sobre el que se apoya el suelo, más o menos fragmentado por la alteración mecánica y la química (la alteración química es casi inexistente ya que en las primeras etapas de formación de un suelo no suele existir colonización orgánica), pero en él aún puede reconocerse las características originales del mismo.

- **Horizonte D, horizonte R, roca madre o material rocoso:** es el material rocoso subyacente



que no ha sufrido ninguna alteración química o física significativa. Algunos distinguen entre D, cuando el suelo es autóctono y el horizonte representa a la roca madre, y R, cuando el suelo es alóctono y la roca representa sólo una base física sin una relación especial con la composición mineral del suelo que tiene encima.

1.10.- CONSISTENCIA Y PLASTICIDAD DEL SUELO

1.10.1.- CONSISTENCIA:

Equivale a capacidad de mantener las partes del conjunto integradas, es decir, estabilidad y coherencia. En mecánica de suelos, sólo se utiliza para los suelos finos que, dependiendo del contenido de agua y su mineralogía, fluyen sin romperse. La consistencia de un suelo fino granular varía de acuerdo con los cambios en su contenido de humedad, densidad y estructura.

1.10.2.- PLASTICIDAD:

Se define como la propiedad que permite que se deforme, sin ruptura, sin rebote elástico y sin un cambio apreciable en el volumen. Además, un suelo se dice que está en un estado plástico cuando el contenido de agua es tal que puede cambiar su forma sin producir grietas en la superficie.

1.11.- LIMITES DE ATTERBERG



Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916). Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico y, finalmente, líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg. Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de espesor con el suelo.

1.12.- ESTADOS DE CONSISTENCIA

PLÁSTICO	SÓLIDO	SEMI-SÓLIDO	LÍQUIDO
0-25	25-50	50-75	75-100
El suelo pierde su capacidad de fluir y puede ser deformado hasta más allá del límite de recuperación de dimensiones y forma sin agrietarse.	El suelo alcanza un estado en el que ya no reduce más su volumen por pérdida de agua; si la continúa perdiendo, los vacíos quedarán parcialmente apenas llenos del líquido.	El suelo pierde sus propiedades plásticas y se desmorona al tratar de moldearlo.	El suelo se comporta como un fluido viscoso debido a que la interacción entre las partículas adyacentes disminuye notoriamente.



1.13.- LIMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	LÍMITE PLÁSTICO (LP)	LÍMITE DE RETRACCIÓN (LR)
Contenido de agua en el que el suelo está a punto de pasar del estado plástico en el estado líquido. Es el contenido mínimo de humedad a la que el suelo tendería a fluir como un líquido. En este límite, el suelo posee un pequeño valor de resistencia al corte, perdiendo su capacidad (LL o wL) de fluir como un líquido.	Contenido de agua en el que el suelo tiende a pasar desde el estado plástico al estado semisólido de consistencia. Por lo tanto, este es el contenido mínimo de agua en el que, el cambio en la forma del suelo se acompaña de grietas visibles, es decir, cuando se trabaja sobre el suelo este tiende a desmoronarse.	Contenido de agua en el que el suelo tiende a pasar del estado semi-sólido al estado sólido. De hecho, es el menor contenido de agua en la que el suelo puede todavía ser completamente saturado. Es el máximo contenido de humedad al cual una reducción en humedad no causa una disminución en el volumen de la masa de suelo.

1.14.- RANGOS DE CONSISTENCIA

Son los rangos de humedad en los que un suelo puede estar comportándose desde el punto de vista de la consistencia.

- **Índice Plástico (IP):** Rango de contenido de agua en el que el suelo presenta propiedades plásticas, es decir, es la diferencia entre los límites líquido y plástico.

$$IP = LL - LP$$

- **LL** = Limite Líquido

- **LP** = Limite Plástico

- **Índice de Contracción (IR):** Diferencia entre el límite plástico y el límite de contracción de un suelo, en otras palabras, es el rango de contenido de agua dentro de los cuales un suelo está en un estado semisólido.

$$IR = LP - LR$$

- **LP** = Limite Plástico

- **LR** = Limite de Retracción

- **Índice de Consistencia (IC):** Se define como la relación entre, la diferencia del límite líquido y el contenido de humedad natural, respecto al índice de plasticidad de un suelo.

$$IC = \frac{WL - W}{IP}$$

- **WL** = Contenido de Humedad del estado líquido

- **W** = Contenido de Humedad total

- **IP** = Índice Plástico

- **Índice de Liquidez (IL):** Se define como la relación entre, la diferencia del contenido de humedad natural y el límite de plástico respecto al índice de plasticidad de un suelo

$$IL = \frac{W - WP}{IP}$$

- **WP** = Contenido de Humedad del estado plástico

- **W** = Contenido de Humedad total

- **IP** = Índice Plástico

1.15.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

Resolver un problema de geotecnia supone conocer y determinar las propiedades del suelo; por ejemplo:

- Para determinar la velocidad de circulación de un acuífero, se mide la permeabilidad del suelo, se utiliza la red de flujo y la ley de Darcy.
- Para calcular los asentamientos de un edificio, se mide la compresibilidad del suelo, valor que se utiliza en las ecuaciones basadas en la teoría de la consolidación de Terzaghi.

- Para calcular la estabilidad de un talud, se mide la resistencia al corte del suelo y este valor se lleva a expresiones de equilibrio estático.

En otros problemas, como pavimentos, no se dispone de expresiones racionales para llegar a soluciones cuantificadas. Por esta razón, se requiere una taxonomía de los suelos, en función de su comportamiento, y eso es lo que se denomina clasificación de suelos, desde la óptica geotécnica.

Agrupar suelos por la semejanza en los comportamientos, correlacionar propiedades con los grupos de un sistema de clasificación, aunque sea un proceso empírico, permite resolver multitud de problemas sencillos. Eso ofrece la caracterización del suelo por la granulometría y la plasticidad. Sin embargo, el ingeniero debe ser precavido al utilizar esta valiosa ayuda, ya que soluciones a problemas de flujos, asentamientos o estabilidad, soportado sólo en la clasificación, puede llevar a resultados desastrosos.

Las relaciones de fases constituyen una base esencial de la Mecánica de Suelos. El grado de compacidad relativa de una arena es seguro indicador del comportamiento de ese suelo. La curva granulométrica y los Límites de Atterberg, de gran utilidad, implican la alteración del suelo y los resultados no revelan el comportamiento del suelo in situ.

Por ende en la mecánica de los suelos se usan dos sistemas de clasificación en la cual se encuentra:

1.15.1.- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

Primera letra:

SIMBOLO	DEFINICIÓN
G	GRAVA
S	ARENA
M	LIMO
C	ARCILLA
O	ORGANICO

Segunda letra:

LETRA	DEFINICIÓN
P	Pobrememente gradado (tamaño de partícula uniforme)
W	Bien gradado (tamaños de partículas diversos)
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP	Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC	Grava arcillosa, mezclas grava – arena arcillosas
SW	Arena bien gradada.
SP	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino.
SM	Arenas limosas, mezclas arena – limo
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
PT	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

1.15.2.-ASOCIACIÓN AMERICANA DE OFICIALES DE CARRETERAS ESTATALES Y TRANSPORTES (AASHTO)

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) es un



órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. A pesar de su nombre, la asociación representa no sólo a las carreteras, sino también al transporte por aire, ferrocarril, agua y transporte público.

Los grupos de suelos son 7, subdivididos en otros más (para llegar a 12)

1. Grueso granulares: 35% o menos pasa el T-200 comprende

- A-1, si menos del 20% pasa el T-200 y menos del 50% pasa el T-40, pero en el P40 el IP<6%.
- A-2, si menos del 35% pasa el T-200, (limoso o arcilloso), y el material no cumple con A-1 ni A-3.
- A-3, si menos del 10% pasa el T-200 y 51% o más pasa el T-40, pero si el P40 no es plástico.

2. Suelos fino granulares (grupo limo arcilla): más del 35% pasa el T-200

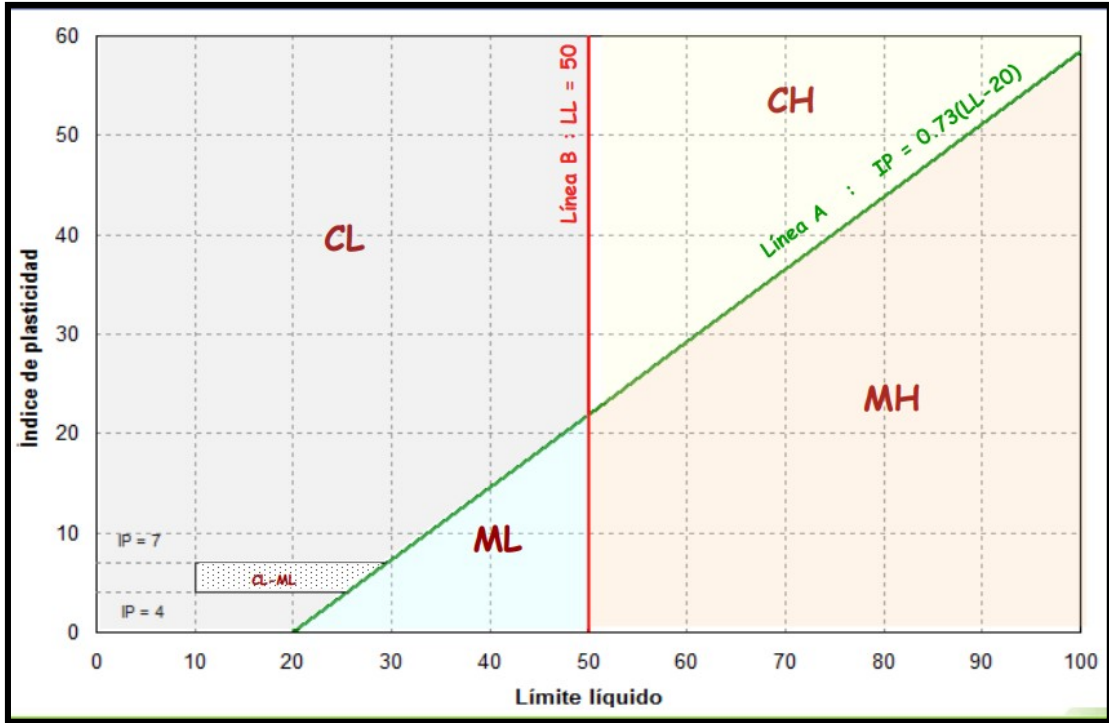
- A-4 si IP 40%
- A-5 si IP \leq 10 (limo) y LL \leq 41%
- A-6 si IP \leq 11 (arcilla) y LL \leq 40%
- A-7 si IP \leq 11 (arcilla) y LL \leq 41%

En consecuencia:

GRUPO	DESCRIPCION	GRUPO	CARACTERISTICA
A-1	cascajo y arena	A-1	suelos excelentes y buenos
A-2	cascajos y arenas limosas o arcillosas	A-3	
A-3	arena fina	A-2	buenos y moderados
A-4	suelos limosos	A-6	suelos moderados a pobres
A-5		A-7	
A-6	suelos arcillosos		
A-7			

Pero estos suelos tienen subclases:

- A-1-a: si IP del P40 <6% Además el P200=15%, P40=30% y P10=50%
- A-1-b: si es del grupo A1 y no cumple con A -1-a
- A-2-4; A-2-5, A-2-6, y A-2-7: según la fracción fina se encuentre en las zonas 4, 5, 6 o 7 de la Carta de Plasticidad AASHTO



CAPÍTULO II:

RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS

EN UN SUELO

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en el suelo pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, pero pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc).

Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos (V_v), mientras que la fase sólida constituye el volumen de sólidos (V_s). Se dice que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta, como caso particular de solo dos fases, la sólida y la líquida.

Es importante considerar las características morfológicas de un conjunto de partículas sólidas, en un medio fluido. Eso es el suelo. Las relaciones entre las diferentes fases constitutivas del suelo (fases sólida, líquida y gaseosa), permiten avanzar sobre el análisis de la distribución de las partículas por tamaños y sobre el grado de plasticidad del conjunto.

En los laboratorios de mecánica de suelos puede determinarse fácilmente el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas al horno y la gravedad específica de las partículas que conforman el suelo, entre otras.

Las relaciones entre las fases del suelo tienen una amplia aplicación en la Mecánica de Suelos para el cálculo de esfuerzos. La relación entre las fases, la granulometría y los límites de Atterberg se utilizan para clasificar el suelo y estimar su comportamiento.

Modelar el suelo es colocar fronteras que no existen. El suelo es un modelo discreto y eso entra en la modelación con dos parámetros, e y α (relación de vacíos y porosidad), y con las fases.

El agua adherida a la superficie de las partículas, entra en la fase sólida. En la líquida, sólo el agua libre que podemos sacar a 105 °C cuando, después de 24 o 18 horas, el peso del suelo no baja más y permanece constante.

2.1.- PROPIEDADES VOLUMETRICAS

AIRE (A)	V _a	V _v	V _t
AGUA (W)	V _w		
SOLIDO (S)	V _s		

2.1.1.- Volumen (V_t):

Se entiende por volumen a una magnitud métrica, euclidiano y de tipo escalar, que se puede definir como la extensión de un objeto en sus tres dimensiones, es decir, tomando en cuenta su longitud, ancho y altura. Los cuerpos físicos todos ocupan un espacio, que varía según sus proporciones, y la medida de dicho espacio es el volumen. Para calcular el volumen de un objeto bastará con multiplicar su longitud por su ancho y por su altura, o en el caso de sólidos geométricos, aplicar determinadas fórmulas a partir del área y la altura u otras variables parecidas.

$$V_t = V_a + V_s + V_w$$

$$V_t = V_v + V_s$$

- **Volumen de aire (V_a):** espacio en m³ que ocupa el aire en una muestra de suelo. A mayor volumen de aire, las posibilidades de poros en la muestra será proporcionalmente directa.
- **Volumen de agua (V_w):** espacio en m³ que ocupa el agua en una muestra de suelo. A mayor volumen de agua, la posibilidad de haber saturación en el suelo es directamente proporcional.
- **Volumen de sólido (V_s):** espacio en m³ que ocupa el sólido en una muestra de suelo. A mayor volumen de sólido, la muestra puede ser seca.
- **Volumen de los vacíos (V_v):** espacio en m³ que es la combinación del volumen de agua con el volumen del aire, en una muestra del suelo.

$$V_v = V_a + V_w$$

2.2.- RELACIONES VOLUMÉTRICAS.

2.2.1.- Relación de vacíos:

Es una relación entre el volumen de espacios vacíos, y el volumen de las partículas sólidas en una masa de suelo. Su valor puede ser menor a 1, y puede alcanzar valores muy altos. El término se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo dejando más o menos vacíos entre ellas. En suelos compactos, las partículas sólidas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodo y la capacidad de deformación bajo la aplicación de cargas será pequeña. En suelos poco compactos el volumen de vacíos y la capacidad de deformación serán mayores.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

2.2.2.- Porosidad:

Se define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes. Se define también como la porción de suelo que está ocupada por aire y/o por agua. En suelos secos los poros estarán ocupados por aire y en suelos inundados, por agua. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica

Los poros que constituyen el espacio poroso del suelo se encuentran en un rango continuo de tamaño, sin embargo se dividen usualmente en dos tipos: los macroporos y los microporos o poros capilares.

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

2.2.3.- Grado de saturación:

Se define como el grado o la proporción en que los espacios vacíos de un suelo o una roca contienen fluido (agua, petróleo). Se expresa como un porcentaje en relación con el volumen total de vacíos. Es la relación porcentual entre el volumen de agua en una masa de suelo o roca, y el volumen total de espacios vacíos.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \cdot 100$$

2.3.- PROPIEDADES GRAVIMETRICAS

Wt	Wa	AIRE (A)
	Ww	AGUA (W)
	Ws	SOLIDO (S)

2.3.1.- PESO (Wt)

Equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo. Por ser una fuerza, el peso se representa como un vector, definido por su módulo, dirección y sentido, aplicado en el centro de gravedad del cuerpo y dirigido aproximadamente hacia el centro de la Tierra.

$$Wt = Wa + Ws + Ww$$

- **Peso del aire (Wa):** fuerza ejercida por el aire en un espécimen de tierra, se considera despreciable debido a que el aire pesa 1,293 gramos que eso equivale en newton a un valor sumamente pequeño por lo cual se considera despreciable.
- **Peso del agua (Ww):** fuerza ejercida por el agua en un espécimen de tierra, este peso del agua solamente es el peso contenido que hay de agua en una muestra de suelo.
- **Peso del solido (Ws):** fuerza ejercida por el sólido en un espécimen de tierra, este peso del solido solamente es el peso contenido que hay de solido seco en una muestra de suelo.

2.4.- RELACIONES GRAVIMÉTRICAS.

2.4.1.- Contenido de humedad:

Es la cantidad relativa de agua que se encuentra en un suelo respecto a la masa de sólidos o al volumen del suelo analizado. Se expresa en porcentaje (%), y es la relación entre el peso del agua del espécimen, y el peso de los sólidos. El problema es ¿cuál es el peso del agua? Para tal efecto se debe señalar que existen varias formas de agua en el suelo. Unas requieren más temperatura y tiempo de secado que otras, para ser eliminada. En consecuencia, el concepto “suelo seco” también es arbitrario, como lo es el agua que se pesa en el suelo de la muestra. El suelo seco es el que se ha secado al horno, a temperatura de 105°C – 110°C, durante 18 o 24 horas, hasta lograr un peso constante.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100$$

2.4.2.- PESO ESPECÍFICO:

El peso específico es la relación existente entre el peso y el volumen de una sustancia. Dado que el peso de un objeto es la medida en que la atracción de la Tierra actúa sobre él, y al mismo tiempo el volumen es la superficie que dicho objeto ocupa, el peso específico constituye la relación entre ambas propiedades expresada en Newton sobre metro cúbico (N/m³), de acuerdo al Sistema Internacional.

- **Peso específico total:** Peso total de la partícula, dividido por el volumen total de la muestra.

$$\varphi_{total} = \frac{W_t}{V_t}$$

- **Peso específico seco:** Peso de las partículas sólidas, dividido por el volumen total de la muestra.

$$\varphi_d = \frac{W_s}{V_t}$$

- **Peso específico del sólido:** Peso de las partículas sólidas, dividido por el volumen sólido de la muestra.

$$\varphi_s = \frac{W_s}{V_s}$$

- **Peso específico saturado:** Peso específico correspondiente a una muestra saturada, con todos sus poros llenos de agua.

$$\varphi_{sat} = \frac{W_t}{V_t}$$

- **Peso específico del agua:** Peso de las partículas de agua, dividido por el volumen del agua de la muestra. Donde su valor en el sistema internacional es de 1000kg/m³.

$$\varphi_w = \frac{W_w}{V_w}$$

2.5.- GRAVEDAD ESPECÍFICA:

La gravedad específica, también conocida como peso específico o densidad relativa, consiste en la relación o cociente que existe entre la densidad de una sustancia y la densidad de otra sustancia de referencia (es usual que en este caso se utilice agua). Estas densidades

suelen tomarse como guías cuando se refiere a líquidos o sólidos. La gravedad específica aparente es la relación entre el peso volumétrico de una sustancia y el peso del volumen de otra.

- **Gravedad específica del sólido:** Relación numérica entre el peso en el aire de los sólidos de un espécimen de suelo a una temperatura dada, y el peso en el aire de un volumen igual (al de los sólidos) de agua destilada a la misma temperatura.

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \cdot \rho_w}$$

2.6.- RESUMEN DE FÓRMULAS A USAR:

1- Volumen (Vt):	7- Peso total:	12- Peso específico saturado:
$V_t = V_a + V_s + V_w$	$W_t = W_a + W_s + W_w$	$\phi_{sat} = \frac{W_t}{V_t}$
2- Volumen (Vt):	8- Contenido de humedad:	13- Peso específico del agua:
$V_t = V_v + V_s$	$W = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100$	$\rho_w = \frac{W_w}{V_w}$
3- Volumen de los vacíos (Vv):	9- Peso específico total:	14- Gravedad específica del sólido:
$V_v = V_a + V_w$	$\phi_{total} = \frac{W_t}{V_t}$	$G_s = \frac{W_s}{V_s \cdot \rho_w}$
4- Relación de vacíos:	10- Peso específico seco:	
$e = \frac{V_v}{V_s}$	$\phi_d = \frac{W_s}{V_t}$	
5- Porosidad:	11- Peso específico del sólido:	
$n = \frac{V_v}{V_t}$	$\phi_s = \frac{W_s}{V_s}$	
6- Grado de saturación:		
$S = \frac{V_w}{V_v} \cdot 100$		

2.7.- EJERCICIOS DE RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS:

2.7.1.- Ejercicio #01: una muestra de suelo arenoso húmedo de 25kg y de un volumen de 0,015m³, luego de secado del horno, su peso se reduce a 21,6kg. El peso específico relativo de los sólidos es de 2,65. Se pide hallar:

- Contenido de humedad

- b) Peso específico del suelo húmedo
- c) La relación de vacíos
- d) Porosidad
- e) Grado de saturación

Resultado:

Antes de comenzar un ejercicios de relaciones gravimétricas y volumétricas, primero se debe evaluar que datos principales importantes tenemos para resolver el ejercicio. Como datos resaltantes tenemos:

- Un peso húmedo total de 25kg, haciendo hincapié, que un suelo húmedo contiene tanto volumen de aire, agua y solido
- Un peso seco, luego de pasar por el horno de 21,6kg, es decir esto se traduce a un peso del solido
- También tenemos el volumen húmedo del suelo que es de 0,015m³
- También se da la gravedad específica de los sólidos con un valor de 2,65
- Como dato adicional se tiene también el peso específico del agua que por valor estándar científica es de 1000kg/m³

Al evaluar todos los datos disponibles que tenemos, se aconseja a calcular los valores faltantes según la muestra de suelo de la siguiente figura, es decir todas las propiedades gravimétricas y volumétricas, esto con el fin de facilitar los cálculos requeridos para las relaciones volumétricas y gravimétricas.

DATOS:

$W_t = 25\text{Kg}$

$G_s = 2,65$

$W_s = 21,6\text{Kg}$

$V_t = 0,015\text{m}^3$

(W) PESO (Kg)		(V) VOLUMEN (m ³)			
	0	(W _a) AIRE (V _a)	?	?	0,015
25	?	(W _w) AGUA (V _w)	?		
	21,6	(W _s) SOLIDO (V _s)	?		

Paso 1: se procede al cálculo del peso del agua, se hace recordar que el peso del aire es infinitesimalmente pequeño por lo cual se desprecia en los cálculos de relaciones

gravimétricas y volumétricas, tomando en cuenta la ecuación #01, del resumen de fórmulas se procede a calcular el peso del agua.

$$W_w = 3,4 \text{ Kg}$$

Paso 2: se procede ahora al cálculo de las propiedades volumétricas, en la cual primero se calcula el volumen de agua (V_w), usando la ecuación #13, del resumen de formular, ya que se tiene el valor del peso del agua (W_w) y el peso específico del agua (γ_w).

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

sustituyendo
$$V_w = \frac{3,4 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,0034 \text{ m}^3$$

Paso 3: ahora se calcula el volumen de sólidos, con la ecuación #13 del resumen de fórmulas, ya que se tiene el peso del solido (W_s), la gravedad específica de los sólidos (G_s) y el peso específico del agua (γ_w).

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w}$$

$$V_s = \frac{21,6 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,25} = 0,0082 \text{ m}^3$$

Paso 4: ahora se procede al cálculo del volumen vacío, usando la ecuación #02 del resumen de fórmulas, ya que se tiene el volumen húmedo de la muestra (V_t) y el volumen de los sólidos (V_s).

$$V_v = 0,0068 \text{ m}^3$$

Paso 5: al tener el volumen de vacíos (V_v) y el volumen de agua (V_w), se procede al cálculo del volumen de aire (V_a), usando la ecuación #03 del resumen de fórmulas.

$$V_a = 0,0034 \text{ m}^3$$

NOTA: al ya tener todos los datos de la propiedades volumétricas y gravimétricas, se procede a rellenar la gráfica del espécimen pasa así tener a simple vista los datos necesarios para calcular las relaciones gravimétricas y volumétricas

(W) PESO (Kg)		(V) VOLUMEN (m3)			
	0	(Wa) AIRE (Va)	0,0034	0,0068	0,015
25	3,4	(Ww) AGUA (Vw)	0,0034		
	21,6	(Ws) SOLIDO (Vs)	0,0082		

Respuesta A: se calcula el contenido de humedad (W) con la ecuación #08, del resumen de fórmulas.

$$W = \frac{W_w}{W_s} = \frac{3,4\text{kg}}{21,6\text{kg}} \quad \mathbf{W = 15,74\%}$$

Respuesta B: se calcula el peso específico del suelo húmedo usando la ecuación #09 del resumen de fórmulas.

$$\frac{W_t}{V_t} = \frac{25\text{kg}}{0,015\text{m}^3}$$

$$\mathbf{\rho_{total} = 1666,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

Respuesta C: se calcula ahora la relación de vacíos, con la ecuación #04, del resumen de fórmulas

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0,0068\text{m}^3}{0,0082\text{m}^3} \quad \mathbf{e = 0,83}$$

Respuesta D: se procede al cálculo de la porosidad, con la ecuación #05 del resumen de fórmulas.

$$n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{0,0068\text{m}^3}{0,015\text{m}^3} \quad \mathbf{n = 0,4533}$$

Respuesta E: por último se procede al cálculo, del grado de saturación, con la ecuación #06, del resumen de fórmulas.

$$S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{0,0034\text{m}^3}{0,0068\text{m}^3} \quad \mathbf{S = 50\%}$$

2.7.2.- Ejercicio 2: calcular para una muestra de suelo con un contenido de humedad del 32% y con un peso específico de suelo húmedo de 1860kg/m³ y el peso específico relativo de los sólidos de 2,67 lo siguiente:

- a) Peso específico del suelo seco
- b) La relación de vacíos
- c) El grado de saturación

Resultado:

Antes de comenzar un ejercicios de relaciones gravimétricas y volumétricas, primero se debe evaluar que datos principales importantes tenemos para resolver el ejercicio. Como datos resaltantes tenemos:

- Contenido de humedad $W=32\%$
- Peso específico del suelo húmedo de 1860kg/m^3
- Una gravedad especifica de los sólidos de $2,67$
- El peso específico del agua de 1000kg/m^3
- Y al no tener ningún dato volumétrico, para este ejercicio y cualquier otro ejercicio sin dato volumétrico, se asumirá el valor de alguno de los volúmenes, para este ejercicio se usara una volumen total (V_t) de 1m^3

DATOS: $\gamma_{total} = 1860\text{Kg/m}^3$ $G_s=2,67$
 $W=32\%$ $w = 1000\text{Kg/m}^3$ $V_t= 1\text{m}^3$.

(W) PESO (Kg)		(V) VOLUMEN (m3)			
	0	(W _a) AIRE (V _a)	?	?	1
?	?	(W _w) AGUA (V _w)	?		
	?	(W _s) SOLIDO (V _s)	?		

Paso 1: al tener un V_t asumido de 1m^3 y a la vez el peso específico del suelo húmedo de 1860kg/m^3 , se hace el cálculo del peso total (W_t), con la ecuación #09 del resumen de fórmulas.

$$\frac{W_t}{V_t} = \gamma_{total} \quad V_t$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{m}^3 \quad W_t = 1860\text{kg}$$

Paso 2: se procede ahora al cálculo del peso del agua (W_w) y del peso de los sólidos (W_s), en la cual se hará el uso de 2 ecuaciones, la #08 del resumen de fórmulas que es el contenido de humedad, y la #09 que es la del peso específico total, por lo cual se hara una sustitución de ecuaciones, ya que no se cuenta con los datos suficientes para realizar este ejercicio de forma directa, por ende se hace lo siguiente:

Usando la ecuación #08:

$$W = \frac{W_w}{W_s}$$

$$W_w = \frac{W \cdot W_s}{100}$$

$$\frac{\quad}{100} \quad W_w = 0,32W_s$$

Usando la ecuación #09:

$$\frac{W_t}{V_t}$$

$$\phi_{total} = \frac{W_w + W_s}{V_t}$$

$$\frac{0,32W_s + W_s}{V_t}$$

$$W_s = \frac{\phi_{total} \cdot V_t}{1,32}$$

$$W_s = \frac{1860 \text{ kg} \cdot \text{m}^3}{1,32}$$

$$W_s = 1409,09 \text{ kg}$$

$$W_w = 450,91 \text{ kg}$$

Paso 3: al tener el peso de los sólidos, se procede al cálculo de volumen de los sólidos, con la ecuación #13 del resumen de fórmulas, ya que se tienen la gravedad específica de los sólidos (G_s), el peso específico del agua y el peso de los sólidos (W_s)

$$G_s = \frac{W_s}{V_s}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s}$$

$$V_s = \frac{1409,09 \text{ kg}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}$$

$$V_s = 0,53 \text{ m}^3$$

Paso 4: se procede al cálculo del volumen de agua, usando la ecuación #13 del resumen de fórmulas, ya que se tiene el peso específico del agua y también se tiene como dato el peso del agua.

$$\frac{W_w}{V_w}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\quad}$$

$$V_w = \frac{450,91 \text{ kg}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}$$

$$V_w = 0,45 \text{ m}^3$$

Paso 5: al tener volumen del sólido (V_s) y volumen del agua (V_w) y un volumen total (V_t) asumido, se hace el cálculo del volumen de aire para luego calcularse el volumen vacío, con las fórmulas #01 y #03, respectivamente.

Usando ecuación #01:

$$\quad$$

$$m^3 \quad m^3 \quad m^3 \quad Va = 0,02m^3$$

Usando ecuación #03:

$$Vv = Va$$

$$Vv = 0,45m^3 + 0,02m^3$$

$$Vv = 0,47m^3$$

NOTA: al ya tener todos los datos de la propiedades volumétricas y gravimétricas, se procede a rellenar la gráfica del espécimen para así tener a simple vista los datos necesarios para calcular las relaciones gravimétricas y volumétricas

(W) PESO (Kg)		(V) VOLUMEN (m3)			
	0	(Wa) AIRE (Va)	0,02	0,47	1
1860	450,51	(Ww) AGUA (Vw)	0,45		
	1409,09	(Ws) SOLIDO (Vs)	0,53		

Respuesta A: se calcula el peso específico seco de la muestra, usando la ecuación #10 del resumen de fórmulas. En este caso el volumen total (Vt), se trabajara con la suma del Volumen del solido (Vs) y el Volumen del Aire (Va), ya que se está pidiendo el peso específico seco de la muestra, por lo cual al estar seco, el contenido de humedad de la misma debe de ser igual a cero (0), por ende el volumen total se toma de la siguiente forma.

$$= \frac{Ws}{Vt} = \frac{Ws}{Vs + Va} = \frac{1409,09kg}{0,53m^3 + 0,02m^3}$$

$$\rho_d = 2561,98 \frac{kg}{m^3}$$

Respuesta B: se procede al cálculo de la relación de vacíos, con la ecuación #04, del resumen de fórmulas.

$$e = \frac{Vv}{Vs} = \frac{0,47m^3}{0,53m^3} = 0,89$$

Respuesta C: por último se hace el cálculo del grado de saturación de la muestra usando la ecuación #06, del resumen de fórmulas.

$$S = \frac{Vw}{Vv} = \frac{0,45m^3}{0,47m^3} = 95,74\%$$

2.8.- EJERCICIOS PROPUESTOS

Ejercicio 1.- el peso total de un trozo de suelo húmedo es de 150 Kg y su volumen es de 0,085 m3, tiene el 27% de humedad y su peso específico relativo es de 2,72. Hallar la relación de vacíos, porosidad, grado de saturación y el peso específico total.

Ejercicio 2.- una muestra de arcilla saturada pesa 1526gr. Después de secada al horno su peso pasa a ser de 1053gr, si tienes una gravedad específica de los sólidos de 2,70, calcule; la relación de vacíos, porosidad, contenido de humedad, peso específico3.- total, peso específico seco y peso específico de los sólidos.

Ejercicio 3.- un terraplén de una vía, se construye con un relleno de arcilla compactada a un peso específico aparente de 2,05gr/cm³, y un contenido de humedad de 18%, la gravedad específica de las partículas solidad es de 2,55. Calcule la porosidad, contenido de aire, grado de saturación y el peso específico seco del relleno.

Ejercicio 4.- en un suelo saturado, se conoce el peso específico total de 2,05gr/cm³ y su contenido de agua de 23%, encuentre el peso específico relativo de los sólidos.

Ejercicio 5.- para un suelo en estado natural, con una relación de vacíos de 0,80, un contenido de humedad de 24% y

una gravedad específica de los sólidos de 2,79, determine el peso específico total, el peso específico seco, el peso específico saturado y el peso específico de los sólidos.

Ejercicio 6.- dadas las dimensiones de una muestra, con un radio de 25mm y una altura de 90mm, cuya masa total es de 142gr y la masa seca es de 86 gr, calcule todas las relaciones volumétricas y gravimétricas de dicha muestra.

Ejercicio 7.- una muestra de suelo húmedo de 0,65m³ tiene una masa húmeda de 725 kg, una masa seca de 698 kg, una gravedad específica de los sólidos de 2,66, calcule todas las relaciones volumétricas y gravimétricas de dicha muestra.

Ejercicio 8.- el peso específico saturado de un suelo es de 19,8kN/m³, el contenido de humedad del suelo es de 21,22%. Determine todas las relaciones volumétricas y gravimétricas en dicha muestra

CAPÍTULO III:

FUNDACIONES



La fundación es referida a la acción y el efecto de los elementos estructurales del edificio encargado de transmitir las cargas del terreno, por lo que la cimentación se realizará en función del mismo, o con elementos apoyados a este suelo distribuyéndose de forma que no superan la presión admisible, que puede admitir, aceptar o tolerar que produzca cargas zonales, este constituye al elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles para la estructura.

3.1.- ¿CÓMO COMENZAR A FUNDAR UNA ESTRUCTURA?

La elección del sistema de fundación depende de las condiciones particulares del suelo y de las características de la estructura a fundar.

Para poder elegir correctamente el tipo de fundación adecuada para un edificio hay que realizar previamente un estudio del suelo donde éste será levantado. Se recomienda seguir el criterio siguiente:

- **En Edificaciones Mayores a 6 Pisos:**

- Û Suelos propensos de sufrir Licuefacción, se debe hincar pilotes construidos en sitio, hasta apoyar la estructura en un estrato fuerte.
- Û Suelos duros con un q_s (admisible) de suelo mayor a 1 Kg. / cm^2 , se debe pensar en algún tipo de Fundación Directa con Zapatas.

- **En Edificaciones menores de 6 pisos:**

- Û En suelos finos cuyo q_s (admisible) no llegue a los 0,50 Kg. / cm^2 , se debe pensar en una Fundación Directa tipo Losa de Fundación.

Fundar debe significar tener un análisis de suelos. El Estudio de suelos lo realiza un profesional y debe constar de trabajos de campo con ensayos del suelo en el lugar donde se va a fundar la estructura. Implica extraer muestras y determinar la profundidad a la que se debe fundar.

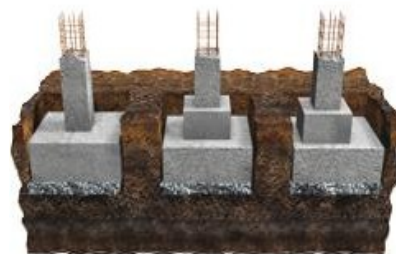
3.2.- TIPOS DE FUNDACIONES.

3.2.1.- FUNDACIONES SUPERFICIALES.

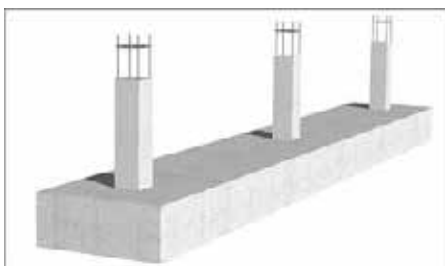
Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas, Se considera cimentación superficial cuando tienen entre 0,50 m. y 4 m. de profundidad, y cuando las tensiones admisibles de las diferentes capas del terreno que se hallan hasta esa cota permiten apoyar el edificio en forma directa sin provocar asentamientos excesivos de la estructura que puedan afectar la funcionalidad de la estructura. Existen una amplia variedad de fundaciones superficiales, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

3.2.1.1.- Fundaciones aisladas:

Se construyen debajo de una columna independiente, pueden tener forma cuadrada, rectangular o circular y se aplican donde la capacidad de carga del suelo es alta; esta forma una losa gruesa que puede ser plana, escalonada o inclinada.



3.2.1.2.- Fundaciones continuas o corridas:

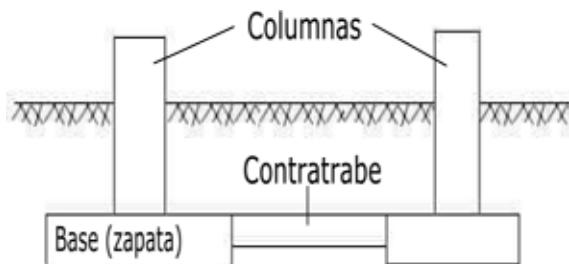


Se construyen para soportar la carga de una pared continua o también para soportar una fila continua de columnas que se encuentran muy cercanas tal que sus bases extendidas se superponen o se tocan entre sí; en tal situación, es más económico construir.

3.2.1.3.- Fundaciones combinadas:

Admite dos columnas y se usa cuando estas columnas se encuentran muy cercanas tal que supondría que sus cimientos individuales se superponen, este tipo de zapata puede ser rectangular o trapezoidal y tiene la ventaja de que distribuye las cargas uniformemente.

3.2.1.4.- Fundaciones conectadas:



Este tipo de fundación consiste en la conexión de dos fundaciones directas mediante una viga rígida. Se conecta una fundación interior con una exterior que está impedida de

desarrollar el área necesaria, y debido a la excentricidad de la carga de la columna está solicitada por momento, el cual es absorbido por la viga con la ayuda de la fundación interior. Cuando se considera que la viga actúa sobre el suelo, las fundaciones se dimensionan tomando en cuenta que la resultante de las cargas en las columnas debe pasar por el centro de gravedad del sistema y que en el área necesaria se debe incluir el área de la viga.

3.2.1.5.- Placas de fundación:

Es una losa armada de dos direcciones ortogonales, de grandes dimensiones, que sirve de cimiento a un grupo de columnas o muros o soporte de estructuras tales como los silos, tanques de agua, depósitos, chimeneas, torres de alta tensión, entre otros.

3.2.1.6.- Losas de fundaciones:

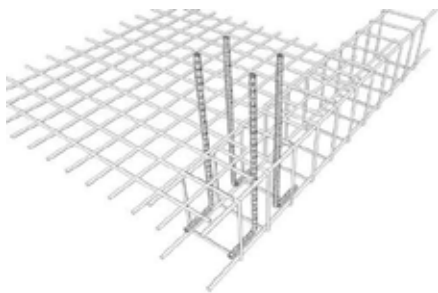
Se usa cuando la capacidad de carga del suelo es baja y cuando las columnas o las paredes están tan cerca que las zapatas individuales llegarían a superponerse o tocarse, hay de dos formas básicas, losas rectangulares o cuadradas y losas esféricas. Las losas con base de estera son útiles para reducir los asentamientos diferenciales en suelos no homogéneos o cuando existe una gran variación en las cargas en columnas individuales.



3.2.1.7.- Pedestales:

Soporte prismático destinado a sostener otro soporte mayor, conformando la parte inferior de una columna. Se da también el nombre de pedestal a todo soporte en forma de columna corta y ancha que sostiene una estatua u objeto análogo. Por su parte, se llama pedículo cuando la base funciona como pie, o pequeña columna, en que se apoya un objeto mayor que ella; por ejemplo, una pila bautismal o un púlpito.

3.2.1.8.- Vigas de riostras:



Son el elemento de la cimentación que une las zapatas aisladas entre si consiguiendo que la cimentación sea más estable. Soportarán cargas considerables si unen zapatas con cargas

excéntricas, denominándose en este caso vigas centradoras. Pueden tener también la función de soporte para los cerramientos del edificio.

3.2.1.9.- Vigas de fundación:

Son los elementos estructurales que se emplean para amarrar estructuras de cimentación tales como zapatas, dados de pilotes, pilas o caissons, etc.

3.3.- ¿CUÁNDO UNA CIMENTACIÓN ES SUPERFICIAL Y EN QUÉ CASOS SE UTILIZAN?

Aunque no existe un criterio único, generalmente se denomina cimentación superficial a aquella en la que la profundidad del plano de apoyo es inferior al ancho de la cimentación (entre 0,25 y 1), comprendiendo normalmente entre 0,5 y 4 metros.

Los terrenos que permiten la construcción de cimentaciones superficiales son aquellos que en sus primeras capas están compuestos por rocas, suelo granular (arenas o gravas) cuya deformabilidad sea baja o media o terrenos arcillosos de alta resistencia.

Asimismo, será imprescindible que los asentamientos generados en el suelo tras la aplicación de las cargas no sean excesivos debido a que esto podría provocar un mal funcionamiento de la estructura.

3.4.- FUNDACIONES PROFUNDAS.

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Deben ubicarse más profundamente, para poder distribuir sobre una gran área, un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Existe una amplia variedad de fundaciones profundas, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

3.4.1.- TIPOS DE PILOTES SEGÚN EL TAMAÑO DEL DIÁMETRO

3.4.1.1.- Pilotines.

son pilotes cortos y de pequeño diámetro (entre 10cm y 20 cm de diámetro), conocidos también por estacas o palos raíz, que se usan generalmente para estabilizar taludes, o en recalce y refuerzo de edificios que han comenzado a sufrir asentamientos, por estar sustentados en suelos blandos y compresibles. Los micropilotes o pilotines trabajan por punta y por adherencia, distribuyendo a lo largo de su altura las presiones laterales que ejercen los bulbos de presiones de las bases directas existentes, y a las cuales apuntalan.

3.4.1.2.- Pilotes.

Son fundaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilas en sus dimensiones. Los pilotes tienen usualmente sección transversal circular y por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 20cm y 80cm.

3.4.1.3.- Pilas.

Las pilas son fundaciones profundas de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilotes en sus dimensiones. Las pilas tienen usualmente sección transversal circular y por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 80cm y 220cm.

3.4.2.- TIPOS DE PILOTES SEGÚN SU FABRICACIÓN

3.4.2.1.- Pilotes prefabricados:

Son elementos de hormigón o secciones metálicas en forma de columna que son introducidos en el terreno por medio de máquinas pilotadoras que disponen de equipos mecánicos o hidráulicos.

3.4.2.2.- Pilotes hincados:

Se utilizan como apoyos puntuales para cimentaciones de edificaciones sobre terreno sin capacidad portante y se hincan en el terreno con maquinaria pesada hasta alcanzar una capa con suficiente capacidad portante o un estrato de rocas. Poseen una armadura interior y una armadura exterior en espiral para soportar las tracciones transversales generadas por el proceso de hinca; los pilotes también se fabrican pretensados. La cabeza del pilote es plana, el pie en punta.

3.4.2.3.- Pilote in situ de desplazamiento con azuche

Usualmente como pilotaje de poca profundidad trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras (estrato firme) de terreno, después de atravesar capas blandas. También como pilotaje trabajando por fuste y punta en terrenos granulares medios o flojos, o en terrenos de capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia

3.4.2.4.- Pilote in situ de desplazamiento con tapón de gravas

Usualmente como pilotaje trabajando por fuste en terrenos granulares de compacidad media o en terrenos con capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia.

3.4.2.5.- Pilote in situ de extracción con entubación recuperable

Este tipo de pilote se ejecuta excavando el terreno y utilizando una camisa (tubo metálico a modo de encofrado), que evita que se derrumbe la excavación. Una vez completado el vaciado, y según se va hormigonando el pilote, se va retirando gradualmente la camisa, que puede ser reutilizada nuevamente.

Usualmente como pilotaje de poca profundidad trabajando por punta, apoyado en roca. También como pilotaje trabajando por fuste en terreno coherente de consistencia firme, prácticamente homogéneo.

3.4.2.6.- Pilote in situ de extracción con camisa perdida

Se ejecuta por el mismo sistema del tipo in situ de extracción con entubación recuperable, con la diferencia de que la camisa metálica no se extrae, sino que queda unida definitivamente al pilote.

Usualmente como pilotaje trabajando por punta apoyado en roca o capas duras de terreno y siempre que se atraviesen capas de terreno incoherente fino en presencia de agua, o exista flujo de agua y en algunos casos con capas de terreno coherente blando; cuando existan capas agresivas al hormigón fresco. La camisa se utilizará para proteger un tramo de los pilotes expuesto a la acción de un terreno agresivo al hormigón fresco o a un flujo de agua. La longitud del tubo que constituye la camisa será tal que, suspendida desde la boca de la perforación, profundice dos diámetros por debajo de la capa peligrosa.

3.4.2.7.- Pilote in situ perforado sin entubación con lodos tixotrópicos

Es un pilote de extracción, en el que la estabilidad de la excavación se confía a la acción de lodos tixotrópicos. Usualmente como pilotaje trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno. Cuando se atraviesen capas blandas que se mantengan sin desprendimientos por efecto de los lodos.

3.4.2.8.- Pilote in situ barrenado sin entubación

Usualmente como pilotaje trabajando por punta, apoyado en capa de terreno coherente duro. También como pilotaje trabajando por fuste en terreno coherente de consistencia firme prácticamente homogéneo o coherente de consistencia media en el que no se produzcan desprendimientos de las paredes.

3.4.2.9.- Pilote in situ barrenado y hormigonado por tubo central de barrena

Usualmente como pilotaje trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno. También como pilotaje trabajando por fuste y punta en terrenos de compacidad o consistencia media, o en terrenos de capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia

Se trata de pilotes por desplazamiento de las tierras por medio de una barrena continua. Posteriormente se ejecuta el hormigonado por bombeo por el tubo central existente en el interior de la barrena.

Este sistema resulta apropiado para suelos blandos e inestables y con presencia de agua. La armadura se introduce una vez perforado y hormigonado el pilote, por lo que genera el inconveniente de que debido a la densidad del hormigón, la longitud de armado no supera los 7,00-9,00 m.

3.4.2.10.- Pilotes excéntricos

Los pilotes excéntricos son los que se ubican fuera de los ejes de las columnas y de las contratales en edificios urbanos con estructura reticular, ofreciendo ventajas sustanciales respecto de los tradicionales instalados a cielo abierto antes del desplante de la edificación, colados in situ o prefabricados hincados a golpes de martillo y coincidentes con los ejes, lo que dicho en otras palabras significa que los pilotes excéntricos pueden instalarse después de haberse iniciado la construcción del edificio. Cuando éste ya tiene algún peso se usa como lastre gratuito para dar la reacción de hincado al equipo hidráulico que es compacto, silencioso, sin vibraciones, limpio y de mayor capacidad que la dada con golpes de martillo.

Las ventajas sustanciales de carácter financiero a favor del propietario y de tipo ingenieril a favor de los técnicos participantes, debidas al simple cambio de ubicación de los pilotes, son las siguientes:

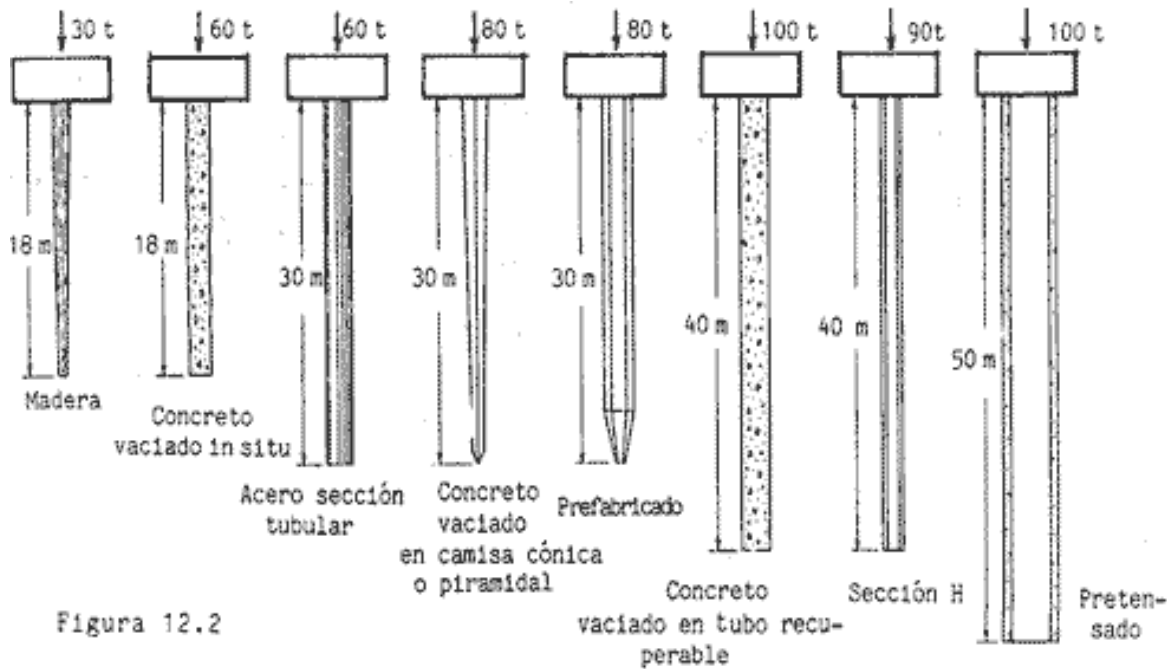
- Ahorro del tiempo total de construcción del edificio al eliminar del programa de obra el que correspondería a la instalación tradicional de los pilotes hecha antes del inicio de la construcción.
- Se garantiza la verticalidad de los pilotes gracias al tipo de perforación en el subsuelo, que guía la punta del pilote según la línea de la gravedad hasta llegar a la capa de apoyo.

- Los pilotes pueden ser de cualquier tipo de funcionamiento, a saber: apoyados por punta, flotantes, o de fricción negativa, según se haya decidido por el Estudio de Mecánica de Suelos.
- La totalidad de los pilotes apoyados en estrato duro se rebotan a la carga de prueba cuando la punta llega al estrato y la fricción lateral es despreciable, garantizando la inmovilidad de los pilotes bajo toda sollicitación de carga y sin costo adicional para el propietario. La inmovilidad se aprovecha en casos específicos para controlar los esfuerzos y las deformaciones del conjunto «suelo-edificio-pilote», instalando mecanismos modernos a prueba de sismos muy enérgicos, tanto en obras nuevas donde han originado el concepto «construya antes, hínque después», o en edificios que ya estando en funcionamiento requieren ser recimentados sin dejar de funcionar, para recuperar la verticalidad perdida porque es riesgoso que se hayan reducido los factores de seguridad de la estructura consumidos por la inclinación, la que pone en riesgo la seguridad de los usuarios, la del propio edificio y la de las edificaciones adyacentes, así como las instalaciones públicas bajo las banquetas y también para recuperar los niveles correctos cuando aparentemente los edificios han «emergido» respecto del nivel de las banquetas en la vía pública.
- Cuando en las edificaciones se presentan problemas generados por un comportamiento distinto del subsuelo al esperado por nosotros, como sucede en las zonas lacustres sujetas a proceso de consolidación por pérdida de humedad, por sobrecarga o por el efecto nocivo de sismos de alta energía, la excentricidad de los pilotes permite en todo momento si fuere necesario o conveniente, cambiar su tipo de funcionamiento diseñado de origen.

3.4.2.11.- Micropilotes

Las diferencias principales entre un pilote convencional de hormigón in situ y un micropilotes se encuentran en el proceso de ejecución y en el tamaño del elemento. Los micropilotes suelen ser usualmente metálicos de un diámetro no superior a 350 mm. Su ventaja frente a los pilotes convencionales es que los equipos necesarios para su ejecución son mucho más ligeros y permiten acceder a lugares donde las máquinas necesarias para realizar pilotes no podrían llegar. Además de esto, los micropilotes son vaciados con un proceso de inyección de concreto por medio de un tubo que va desde la parte superior hasta

el fondo del micropilotes, y un pilote puede ser vaciado con procesos más sencillos como introducir el concreto desde la parte superior y que por el efecto de la gravedad descienda hasta el fondo, esto se logra debido a que el diámetro del pilote es mayor y hay menos posibilidades de que el concreto se obstruya.



3.5.- CASOS EN QUE SE USAN PILOTES

- Cuando las cargas transmitidas por el edificio no se pueden distribuir adecuadamente en una cimentación superficial excediendo la capacidad portante del suelo.
- Puede darse que los estratos inmediatos a los cimientos produzcan asentamientos imprevistos y que el suelo resistente esté a cierta profundidad; es el caso de edificios que apoyan en terrenos de baja calidad.
- Cuando el terreno está sometido a grandes variaciones de temperatura por hinchamientos y retracciones producidos con arcillas expansivas.
- Cuando la edificación está situada sobre agua o con la capa freática muy cerca del nivel de suelo.
- Cuando los cimientos están sometidos a esfuerzos de tracción.

Aquí tenemos varios casos:

- En edificios de altura expuestos a fuertes vientos.

- En construcciones que requieren de elementos que trabajen a la tracción, como estructuras de cables, o cualquier estructura anclada en el suelo.
- Cuando se necesita resistir cargas inclinadas; como en los muros de contención de los muelles.
- Cuando se deben recalzar cimientos existentes.

En la cimentación por pilotaje deben observarse los siguientes factores de incidencia:

- El rozamiento y adherencia entre suelo y cuerpo del pilote.
- La resistencia por punta, en caso de transmitir compresiones, para absorber esfuerzos de tracción puede ensancharse la parte inferior del pilote, para que trabaje el suelo superior.
- La combinación de ambos.

Para hincar el pilote siempre se busca el apoyo sobre una capa resistente que soporte las cargas transmitidas. Frecuentemente la capa firme está a mucha profundidad, entonces el rozamiento lateral puede ser de importancia según el caso. Con un terreno mediocre en superficie y fuertes cargas, el rozamiento lateral será menos importante cuanto más débiles sean las capas del terreno atravesadas; por ello conviene emplear este sistema.

3.6.- ¿CÓMO TRABAJA EL PILOTAJE?

Por la forma en que trabaja el pilotaje, se lo clasifica en:

3.6.1.- Rígida de Primer Orden.

El pilote trabaja por punta, clavado a gran profundidad. Las puntas de los pilotes se clavan en terreno firme; de manera que se confía en el apoyo en ese estrato, aún si hubiere una pequeña descarga por rozamiento del fuste al atravesar estratos menos resistentes. Lo cual denota que las fuerzas de sustentación actúan sobre la punta del pilote, y en menor medida mediante el rozamiento de la superficie lateral del pilote. Es el mejor apoyo y el más seguro, porque el pilote se apoya en un terreno de gran resistencia.

3.6.2.-Rígida de 2º Orden

Cuando el pilote se encuentra con un estrato resistente pero de poco espesor y otros inferiores menos firmes. En este caso se debe profundizar hasta encontrar terreno firme de mayor espesor.

El pilote transmite su carga al terreno por punta, pero también descarga gran parte de los esfuerzos de las capas de terreno que ha atravesado por rozamiento lateral. Si la punta

del pilote perfora la primera capa firme, puede sufrir asientos diferenciales considerables. Como en los de primer orden, las fuerzas de sustentación actúan sobre la planta del pilote y por rozamiento con las caras laterales del mismo.

3.6.3.- Flotante.

Cuando el terreno donde se construye posee el estrato a gran profundidad; en este caso los pilotes están sumergidos en una capa blanda y no apoyan en ningún estrato de terreno firme, por lo que la carga que transmite al terreno lo hace únicamente por efecto de rozamiento del fuste del pilote.

Se calcula la longitud del pilote en función de su resistencia. En forma empírica sabemos que los pilotes cuya longitud es menor que la anchura de obra, no pueden soportar su carga.

CAPÍTULO IV:

DISEÑO GEOTÉCNICO DE FUNDACIONES SUPERFICIALES

4.1.- PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (DF)

(SOTANOS)

4.2.- CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES

4.2.1.- En el caso de arcilla

∅ El número de golpes se promedia con la suma del número de golpes en el estrato de estudio entre la cantidad de los diferentes números de golpes

$$N_{corr} = \frac{\#golpes}{\text{Cantidas de numeros de golpes}}$$

∅ Con el valor del N_{corr} se busca en la tabla 1 (**Ver Anexo A**) y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (q_u), aparte de obtener las características del suelo

∅ Con el valor de q_u se busca en la tabla 2 (**Ver Anexo A**) el esfuerzo admisible ()

4.2.2.- En el caso de arena

Existen dos formas de cálculo del número de golpes corregido

4.2.2.1.- Por Terzaghi:

$$N_{corr_{zn}} = 15 + \frac{N_{zn}}{2}$$

- $N_{corr_{zn}}$ = número de golpe corregido según la altura del estrato
- N_{zn} = número de golpe en la altura indicada

$$N_{corr_{total}} = \frac{N_{corr_{zn}}}{\#N_{corr_{zn}}}$$

- $N_{corr_{zn}}$ = sumatoria de los números de golpes corregidos
- $\#N_{corr_{zn}}$ = cantidad de numeros de golpes en el estrato

Nota: para aplicar este método se deben cumplir simultáneamente tres condiciones.

1. El estrato debe de ser arena fina o limosas
2. El suelo tiene que estar saturado
3. El número de golpes de cada altura del estrato debe ser mayor a 15 ($N > 15$)

Ø Con el valor del $N_{corr_{total}}$ se busca en la tabla 1 (**Ver Anexo A**) y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (q_u), aparte de obtener las características del suelo

Ø Con el valor de q_u se busca en la (**Ver Anexo A**) el esfuerzo admisible (σ_{adm})

4.2.2.2.- Por Peck:

$$N_{corr_{zn}} = C N_{zn} \quad z_n$$

- $N_{corr_{zn}}$ = número de golpe corregido según la altura del estrato
- $C N_{zn}$ = Factor de corrección propuesto por Peck por cada altura
- N_{zn} = número de golpe en la altura indicada

$$C N_{zn} = \frac{200}{z_n}$$

- z_n = esfuerzo vertical en cada altura del estrato del estudio

$$z_n = \gamma_{relleno} h_{Df} + \gamma_{EEE} h_{20} + \gamma_{h_{zn}}$$

- $\gamma_{relleno}$ = peso específico del estrato de relleno
- h_{Df} = altura de desplante
- γ_{EEE} = peso específico en el estrato en estudio
- γ_{20} = peso específico del agua
- h_{zn} = altura de estudio

$$N_{corr_{total}} = \frac{N_{corr_{zn}}}{\#N_{corr_{zn}}}$$

- $N_{corr_{zn}}$ = sumatoria de los números de golpes corregidos
- $\#N_{corr_{zn}}$ = cantidad de números de golpes en el estrato

Ø Con el valor del $N_{corr_{total}}$ se busca en la tabla 2.3 y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (q_u), aparte de obtener las características del suelo

Ø Con el valor de q_u se busca en la tabla A-1 el esfuerzo admisible (σ_{adm})

4.3.- PREDIMENSIONADO

$$\sigma_{adm} = \frac{P}{A}$$

- σ_{adm} = esfuerzo admisible
- A = área
- P = fuerza axial

Donde:

- B = base
- L = longitud

4.4.- CHEQUEO DE LAS EXCENRICIDADES

$$e_{\text{menor}} = \frac{My}{P}$$

- e_{menor} = excentricidad menor
- My = momento en el eje Y
- P = carga axial aplicada

$$e_{\text{mayor}} = \frac{Mx}{P}$$

- e_{mayor} = excentricidad mayor
- Mx = momento en el eje X
- P = carga axial aplicada

Donde:

$$e_{\text{menor}} = \frac{B}{6}$$
$$e_{\text{mayor}} = \frac{L}{6}$$

4.5.- CALCULO DE ASENTAMIENTO

4.5.1.- Asentamiento inmediato

Nota: ocurre en arenas secas o saturadas y en arcillas secas

$$s_{\text{imm}} = \frac{B}{E} \left[\frac{2}{3} q_{\text{act}} (1 + \mu) \right]$$

$$q_{\text{act}} = \frac{F_2}{P}$$

- B = ancho (dimensión menor) del rectángulo
- L = Longitud (dimensión mayor) del rectángulo
- influencia
- P = carga axial
- E = módulo de elasticidad del suelo
- suelo
- qact = carga actuante

4.5.2.- Asentamiento por consolidación

Nota: ocurre en arcillas húmedas y saturadas

$$s_{cons} = \frac{H_o}{1 + e_o} \left(\frac{v_o + v}{v_o} \right) (e_o)$$

v act

- Cc = Coeficiente de compresibilidad del suelo.
- v_o = Presión efectiva promedio sobre el estrato de arcilla antes de la construcción de la cimentación.
- v = Incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla causada por la construcción de la cimentación
- e_o = Relación de vacíos inicial del estrato de arcilla.
- H_o = Espesor de la capa de arcilla.

4.5.3.- Chequeo de asentamiento

$$s_{total} \leq s_{inm} + s_{cons}$$

$$s_{total} \leq s_{maxperm}$$

4.6.- CHEQUEO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

4.6.1.- Dimensiones efectivas:

menor
mayor

4.6.2.- Ecuación de la capacidad de soporte

$$q_{ult} = C \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} B' \cdot N \cdot F_s \cdot F_d \cdot F_i$$

N	Z	RELLENO		N F	
10	1				
13	2				
23	3				
21	4	C H	Y		1,78 ton/m3
19	5		e		0,6
23	6				
22	7				
20	8				
18	9				
19	10	S W	Gs:		2,68
35	11		n:		0,4
40	12		E:		1019,38 ton/m2
38	13		Y:		1,92 ton/m3
46	14				
53	15				
56	16				

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (DF)

Df = 2m

CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES:

En este caso como la fundación está apoyado sobre un estrato de arcilla (CH), el número de golpes corregidos, se calcula como la sumatoria de los números de golpes en el estrato, entre la altura del estrato.

$$N_{corr} = \frac{23 + 21 + 19 + 23 + 22 + 20}{6} \quad \mathbf{N_{corr} = 21,33 \quad 21 \text{ golpes}}$$

Al tener el número de golpes corregido, se busca en la tabla 1 (Ver Anexo A) y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (qu), aparte de obtener las características del suelo

Según tabla 1: tiene una consistencia muy firme y su resistencia se tiene que interpolar

# de Golpes Corregidos	Consistencia	Resistencia a compresión no refinada (qu) (KN/m2)
20 a 30	Muy Firme	200 a 400

Interpolando:

$$\frac{20}{21} = \frac{200}{X} \quad 20$$

$$X = qu = 210 \text{ KN/m}^2$$

Al saber la resistencia a compresión (qu), del estrato, se procede ir a la tabla 2 (Ver Anexo A), con el tipo de consistencia (muy firme) y el material del estrato (Arcilla CH), para conseguir el esfuerzo admisible (σ_{adm}).

Según la tabla 2:

CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO (Kg/m3)	CAPACIDAD PORTANTE (σ_{adm}) (Kg/cm2)	
		SUELO SECO	SUELO SATURADO
arcilla muy firme	1.800	2 a 3	-

Al tener una capacidad portante entre 2 a 3, se escoge el valor más desfavorable, ya que el suelo está saturado, por ende se agarrara la capacidad portante (σ_{adm}) de 2Kg/cm2.

$$\sigma_{adm} = 2 \text{ Kg/cm}^2$$

PREDIMENSIONADO

Al tener ya capacidad portante y el valor de la carga axial (P= 190 ton = 190.000 Kg), se procede al cálculo del área de la zapata con la fórmula del esfuerzo.

$$\sigma_{adm} = \frac{P}{A} \quad \frac{P}{\sigma_{adm}} = \frac{190.000 \text{ Kg}}{2 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = 95.000\text{cm}^2 \quad \text{2} \quad \mathbf{A = 9,5 \text{ m}^2}$$

Al tener el área para la zapata, se procede al cálculo de sus dimensiones de base (B) y longitud (L), con la fórmula del área de una zapata.

$$\mathbf{L}$$

Se visualiza en la ecuación que tenemos una ecuación con dos incógnitas, ya que no tenemos la dimensión de la base o de la longitud, por ende se usa la siguiente relación, para convertir la formula a una ecuación de primer grado.

$$\mathbf{L}$$

Al tener la siguiente relación, se procede a la sustitución de la longitud (L), a la ecuación del área

$$\mathbf{A = 1,5B^2}$$

Se procede al cálculo de la base despejando B

$$A = 1,5B^2$$

$$\frac{A}{1,5}$$

$$\frac{9,5m^2}{1,5}$$

$$B = 2,60m$$

Se procede al cálculo de la longitud sustituyendo el valor de la base (B), en la ecuación de la relación de la longitud.

$$L = 3,9m$$

Ø Y así tenemos ya las dimensiones de la zapata, definidas

$$B = 2,60m \text{ y } L = 3,90m$$

CHEQUEO DE EXCENTRICIDAD

Para el chequeo de excentricidad se procede al cálculo usando las siguientes formulas

$$e_{menor} = \frac{My}{P} \quad e_{mayor} = \frac{Mx}{P}$$

Para e_{menor} :

$$e_{menor} = \frac{B}{6} \quad \frac{My}{P} = \frac{B}{6} \quad \text{sustituyendo valores} \quad \frac{0Kg \cdot m}{190.000Kg} = \frac{2,60m}{6}$$

$$0,043m \quad \text{si cumple}$$

Para e_{mayor} :

$$e_{mayor} = \frac{L}{6} \quad \frac{Mx}{P} = \frac{L}{6} \quad \frac{12.000Kg \cdot m}{190.000 Kg} = \frac{3,9m}{6}$$

$$0,06m \quad 0,65m \quad \text{si cumple}$$

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS:

Nota: Para el cálculo de asentamientos inmediatos, ocurre en arenas secas o saturadas y en arcillas secas, es este caso solamente hay arena saturada debido al que el nivel freático (NF), esta desde el apoyo de la zapata.

Al saber en qué estrato se asentara, se procede a usarse la fórmula del cálculo de asentamiento inmediato.

$$s_{inm} = \frac{B}{E} \left[\frac{2}{act} \right]$$

Donde:

$$\text{————— } F2$$

Para F1: se necesita la relación H/(B/2) y L/B, para usar la figura 1 (Ver Anexo D) donde:

- H= 8m
- B= 2,60m
- L= 3,90m

$$\frac{H}{B} = \frac{8m}{2,6m} = 3,08 \quad \frac{L}{B} = \frac{3,9m}{2,6m} = 1,50$$

Usando la figura 4.19:

$$F1 = 0,42$$

Para F2: se usara la misma relación anterior H/B y L/B para usar la figura 2 (Ver Anexo E).

$$\frac{H}{B} = \frac{8m}{2,6m} = 3,08 \quad \frac{L}{B} = \frac{3,9m}{2,6m} = 1,50$$

Usando figura 4.20:

$$F2 = 0,054$$

: se usa el dato dado en el estrato 0,40

Usando la ecuación de del coeficiente de influencia, se sustituyendo los valores.

$$\text{————— } \frac{\quad}{\quad} \text{————— } 0,40$$

$$I\rho = 0,44$$

Se procede al cálculo de la carga actuante q_{act} .

$$q_{act} = \frac{P}{\quad}$$

Donde:

- P = 190.000 Kg
- B = 2,60 m
- L = 3,90 m

$$q_{act} = \frac{P}{\quad} \quad q_{act} = \frac{190.00 \text{ Kg}}{\quad}$$

$$q_{act} = 18737,67 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Se procede finalmente al cálculo del asentamiento inmediato al ya tener todos los datos disponibles donde:

$$s_{\text{imm}} = \frac{B^2}{E} q_{\text{act}} \left(\dots \right)$$

Donde:

- $q_{\text{act.}} = 18.737.67 \text{ Kg/m}^2 = 18,74 \text{ Ton/m}^2$
- $B = 2,6 \text{ m}$
- $E = 1019,38 \text{ Ton/m}^2$
- $\dots = 0,40$

$$s_{\text{imm}} = \frac{2,6^2}{1019,38} \left(\dots \right)$$

$$s_{\text{imm}} = 0,037 \text{ m} = 3,70 \text{ cm}$$

ASENTAMIENTO CONSOLIDADO

Nota: ocurre en arcillas húmedas y saturadas, en este caso la arcilla está saturada, por lo cual se procede al cálculo de asentamiento consolidado

Se chequea el asentamiento hasta una profundidad de $2,5B$

$$Z = 6,5 \text{ m}$$

Al ya saber hasta que profundidad se asienta por consolidación la estructura, se procede al uso de la fórmula de asentamiento por consolidación.

$$s_{\text{cons}} = \frac{H_o}{1 + e_o} \left(\frac{v_o}{v} \right)$$

Donde:

Calculando C_c :

$$C_c = \frac{e_{o2} - e_{o1}}{v_{o2} - v_{o1}}$$

$$C_c = 0,075$$

Calculando el esfuerzo vertical (v_o): se calcula hasta la profundidad del asentamiento $Z = 6,5 \text{ m}$

$$v_o = \varphi_{\text{relleno}} \cdot \gamma_{\text{relleno}} + (\varphi_{\text{arcilla}} + \varphi_{\text{agua}}) \cdot \gamma_{\text{arcilla}}$$

Nota: cabe recordar que la profundidad del asentamiento es de $6,5 \text{ m}$, por lo tanto las alturas quedarían de la siguiente forma.

- $h_{\text{relleno}} = 2\text{m}$
- $h_{\text{arcilla}} = 4,5\text{m}$

$$v_o = 1,52 \text{ Ton m}^2 \quad \text{Ton m}^2 \quad \text{Ton m}^2$$

$$\sigma_{v_o} = 6,55 \text{ Ton m}^2$$

Calculando σ_v :

v act

Nota: para calcular I_t , se necesita la siguiente relación:

$$M = \frac{B}{Z} = \frac{2,6\text{m}}{6,5\text{m}} \quad \text{M} = 0,2$$

$$N = \frac{L}{Z} = \frac{3,9}{6,5} \quad \text{N} = 0,3$$

Obteniendo ya los resultados de N y M, se procede a buscar el valor de I_t , con la figura 3 (Ver Anexo F)

Usando figura 3:

$$I_t = 0,112$$

Al ya tener el I_t calculado y también la carga actuante se procede al cálculo del incremento promedio de presión sobre la arcilla.

$$v \quad \text{act} \quad v \quad \text{Ton m}^2$$

$$\sigma_v = 2,10 \text{ Ton m}^2$$

Como ya se tienen todos los valores, se procede al cálculo del asentamiento por consolidación.

$$s_{\text{cons}} = \frac{H_o}{1 + e_o} \left(\frac{v_o}{v_o} - \frac{v}{v_o} \right)$$

Donde:

- $H_o = 6\text{m}$
- $e_o = 0,6$
- $C_c = 0,075$
- $v_o = 6,55 \text{ Ton/m}^2$
- $v = 2,10 \text{ Ton/m}^2$

sustituyendo valores $\rho_{cons} = \frac{6m}{1 + 0,6} 0,075 \log \left(\frac{6,55 \text{ Ton m}^2 + 2,10 \text{ Ton m}^2}{6,55 \text{ Ton m}^2} \right)$

$\rho_{cons} = 0,034m \quad 3,4cm$

ASENTAMIENTO TOTAL

$\rho_{total} = \rho_{inm} + \rho_{cons}$
 $\rho_{total} = 3,4cm + 3,6cm = 7,0cm$
 $\rho_{total} = 7,10cm$
 $\rho_{total} < \rho_{max_perm}$ OK
 dimensiones

$7,10cm < 10cm \quad \text{si cumple !}$

CHEQUEO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Dimensiones efectivas:

menor

$B' = 2,6m$

mayor

$L' = 3,78m$

ECUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE

$q_{ult} = C \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot B' \cdot N \cdot F_s \cdot F_d \cdot F_i$

C = Cohesión

$C = \frac{q_u}{2} \frac{1ton}{9,8kN} = \frac{210 \text{ kN m}^2}{2} \frac{1ton}{9,8kN}$

$C = 10,71 \text{ Ton m}^2$

q = carga actuante

relleno

Ton m³

$q = 3,04 \text{ Ton m}^2$

φ = peso especifico unitario: $\phi_{relleno} = 1,52 \text{ Ton m}^3$

Nc, Nq, Nφ = factores de carga: Se calcula según el ángulo de fricción, por lo cual el ángulo de fricción (Ø), es igual a 0 (Ø=0), debido a que el tipo de suelo que soporta a la

zapara, es de arcilla, y la arcilla no tiene ángulo de fricción, por lo cual se elige en la tabla 6 (Ver Anexo C) los valores de los

ϕ	N_c	N_q		N_q/N_c	$\tan\phi$
0	5,14	1	0	0,2	0
1	5,38	1,09	0,07	0,2	0,02
2	5,63	1,2	0,15	0,21	0,03

Fcs, Fqs, F ϕ s = factores de forma: para el cálculo de los factores de forma, primero se debe de verificar que la longitud (L), tiene que ser mayor a la base

$$L > B \quad 3,9m > 2,6m$$

Nota: como se cumple la relación indicada anteriormente se procede al cálculo de los factores de forma de la siguiente forma.

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

$$\frac{2,60m}{3,78m} \quad F_{cs} = 1,14$$

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

$$\frac{2,60m}{3,78m} \quad F_{qs} = 1$$

$$F_{\phi d} = 1 - 0,4 \frac{B'}{L'}$$

$$0,4 \frac{2,60m}{3,78m} \quad F_{\phi d} = 0,72$$

Fcd, Fqd, F ϕ d = factores de profundidad: Para el cálculo de los factores de profundidad se tiene que cumplir la relación de que la división de la profundidad de desplante (Df) y la base de la zapata (B) tiene que ser menor o igual a 1.

$$\frac{Df}{B} \quad \frac{2m}{2,6m} \quad 0,77 < 1$$

Nota: al ver que la condición si cumple, se procede al cálculo de los factores de profundidad con las siguientes ecuaciones.

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{Df}{B}$$

$$\frac{2m}{2,6m} \quad F_{cd} = 1,31$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \alpha \sin^2 \frac{Df}{B}$$

$$= 1 + 2 \frac{2m}{2,6m}$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\phi d} = 1$$

Fci, Fqi, Fphi = factores de inclinación: Los factores de inclinación siempre se trabajarán con valores de 1 (**Fci, Fqi, Fphi = 1**)

Al tener todos los valores correspondientes para el cálculo del chequeo de la capacidad portante, se procede al cálculo de la misma

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

Nota:

rojo se vuelve cero (0), por ende para efectos prácticos del cálculo se omite la sustitución de valores de la expresión marcada en rojo. Por ende la expresión quedaría de la siguiente forma:

$$q_{ult'} = C \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi}$$

$$q_{ult'} = 85,25 \text{ Ton} / m^2$$

CARGA ÚLTIMA TOTAL

Se procede al cálculo de la carga última total

Donde:

- $q_{ult'} = 85,25 \text{ Ton} / m^2$
- $B' = 2,6m$
- $L' = 3,78m$

$$Q_{ult'} = 837,84 \text{ Ton}$$

$$Q_{ult'} = 837,84 \text{ Ton}$$

FACTOR DE SEGURIDAD POR CARGA

Se procede al cálculo del factor de seguridad por carga con las siguientes formulas:

$$FS = \frac{Q_{ult'}}{Q_{total}}$$

Usando la ecuación #03:

Donde:

- $Q_{suelo} = 30,83 \text{ Ton m}^3$
- $D_f = 2\text{m}$
- $B = 2,60\text{m}$
- $L = 3,90\text{m}$

$$Q_{suelo} = 30,83 \text{ Ton m}^3$$

$$Q_{total} = 220,83 \text{ Ton}$$

$$\frac{837,84 \text{ Ton}}{220,83 \text{ Ton}}$$

$$FS = 3,79$$

FACTOR DE SEGURIDAD POR ESFUERZO CON RESPECTO A LA CARGA MÁXIMA

Se procede por ultimo al cálculo del factor de seguridad por esfuerzo con respecto a la carga máxima, usando la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{q_{ult'}}{q_{max} + q_{suelo}} \quad \text{Ecuacion \#01}$$

$$q_{suelo} = \quad \text{Ecuacion \#02}$$

$$q_{max} = \frac{P}{L} + \frac{6e_{mayor}}{L} \quad \text{Ecuacion \#03}$$

Usando la ecuación #03:

Donde:

- $P = 190 \text{ Ton}$
- $B = 2,60\text{m}$
- $L = 3,90\text{m}$
- $e_{mayor} = 0,06\text{m}$

sustituyendo valores en Ec. #03 $q_{max} = \frac{190 \text{ Ton}}{3,90\text{m}} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,06\text{m}}{3,90\text{m}}\right)$

$$q_{max} = 20,47 \text{ Ton/m}^2$$

sustituyendo valores en Ec. #02

$$\frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \cdot 2\text{m}$$

$$q_{suelo} = 3,04 \text{ Ton/m}^2$$

sustituyendo valores en Ec. #01

$$\frac{85,25 \text{ Ton/m}^2}{20,47 \text{ Ton/m}^2 + 3,04 \text{ Ton/m}^2}$$

$$FS = 3,63 \quad \text{SI CUMPLE !}$$

4.10.2.- Ejercicio #02: se da el siguiente estrato geotecnico para el diseño de una zapata, calcule y verifique todas sus propiedades, teniendo en cuenta los siguientes datos

DATOS:

- $P = 95 \text{ Ton} = 95.000 \text{ Kg}$
- $M_x = 07 \text{ Ton.m} = 7.000 \text{ Kg.m}$
- $\beta = 40^\circ$

N	Z	RELLENO	
8	1	Y=1,76 TON/m3	N F
12	2		
10	3		
16	4	S Y= 1,86 TON/m3	
14	5	P E=2040,60 TON/m2	
11	6	μ= 0,20	
16	7		
17	8	C Y= 1,95 TON/m3	
16	9	L eo= 0,783	
19	10		
31	11		
41	12	S	
39	13	P Y= 1,92 TON/m3	
53	14		
59	15		

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (DF)

$$D_f = 2\text{m}$$

CORRECCIÓN DEL NÚMERO DE GOLPES

En este caso como la zapata se está cimentando sobre arena se debe de hacer la corrección de números de golpes según los siguientes métodos:

Por Terzaghi: para que se deba hacer el método de Terzaghi se debe de cumplir tres condiciones simultáneas que son:

4. El estrato debe de ser arena fina o limosas
5. El suelo tiene que estar saturado
6. El número de golpes de cada altura del estrato debe ser mayor a 15 ($N > 15$)

Atendiendo estas tres condiciones se procede a verificar que las tres se estén cumpliendo en lo cual:

1. La arena es tipo SP por ende según la tabla SUCS es una Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino, por lo cual esta condición no cumple con la primera, que debe de ser una arena fina o limosa
2. Esta segunda condición si se cumple debido a que la arena está dentro del nivel freático (NF), por lo cual es una arena saturada
3. Los números de golpes de cada estrato Z, tiene q ser mayor a 15, en lo cual podemos notar que los estratos $Z = 3m$; $Z = 5m$ y $Z = 6m$, tienen golpes por debajo de quince, por lo cual no cumple con la condición

Al hacer un estudio de las condiciones, se llega a la conclusión de que no se puede hacer la corrección del número de golpes por el método de Terzaghi, por lo cual se procede hacer el estudio por el método de Peck, que viene dado de la siguiente manera:

$$N_{corr_{zn}} = CN_{zn} \quad z_n \quad \text{Ecuacion \#01}$$

$$CN_{zn} = 0,77 \log \frac{200}{z_n} \quad \text{Ecuacion \#02}$$

$$V_{zn} = (\text{relleno} \quad Df) + (\text{EEE} \quad h_{20} \quad z_n \quad \text{Ecuacion \#03}$$

Usando la ecuación #03: se debe calcular el esfuerzo vertical del estrato completo, en cada uno de los niveles del estrato, en la cual se haría de la siguiente forma realizando una tabulación del mismo cálculo en una tabla.

relleno(Ton/m3)	Df(m)	estrato(Ton/m3)	agua(Ton/m3)	h_{zn}	z_n (Ton/m2)
1,76	2	1,86	1	1	4,38
				2	5,24
				3	6,1
				4	6,96

Usando la ecuación #02: al ya tener los esfuerzos verticales de cada altura del estrato en estudio, se procede al cálculo del CN, para cada altura del estrato en estudio, se aplicara una tabulación mediante una tabla, usando la ecuación ya indicada (Ecuación #02).

Zn	zn(Ton/m2)	CNzn
3	4,38	1,28
4	5,24	1,22
5	6,1	1,17
6	6,96	1,12

Usando la ecuación #01: al ya tener los CN de cada nivel del estrato en estudio, se procede al cálculo de los números de golpes corregidos en cada nivel del estrato, igual que para los anteriores casos, se usara la tabulación usando en cada nivel la misma ecuación ya antes mencionada (Ecuación #01).

Zn	CN _{zn}	N _{zn}	Ncorr _{zn}
3	1,28	10	12,78
4	1,22	16	19,49
5	1,17	14	16,34
6	1,12	11	12,35

Al ya tener todos los números de golpes corregidos en cada nivel del estrato se procede a hacer el promedio del número de golpes del estrato usando la fórmula del promedio, que es la suma de los números de golpes corregidos en cada estrato (Ncorr_{zn}), entre la cantidad de niveles que tiene el estrato (4 niveles)

$$N_{corr} = \frac{12,78 + 19,49 + 16,34 + 12,35}{4} \quad \text{golpes}$$

Al tener el número de golpes corregido, se busca en la tabla 1 (**Ver Anexo A**) y con esto se obtiene el valor de capacidad última del ensayo de corte (qu), aparte de obtener las características del suelo.

Usando la tabla 1: se confirma que el suelo tiene una consistencia firme y su resistencia a compresión, se debe interpolar

# de Golpes Corregidos	Consistencia	resistencia a compresion no refinada (qu) (KN/m2)
10 a 20	Firme	100 a 200

Interpolando:

	# golpes	resistencia	
	10	100	
	15	X	
	20	200	

$$\frac{10}{15} = \frac{100}{X} \quad X = \frac{1500}{15} = 100$$

X = 150 kN/m²

Al saber la resistencia a compresión (q_u), del estrato, se procede ir a la tabla 2 (**Ver Anexo A**), con el tipo de consistencia (firme) y el material del estrato (arena SP), para conseguir el esfuerzo admisible (σ_{adm}).

Según la tabla 2: como estamos trabajando con una arena saturada, se tomara el esfuerzo admisible (σ_{adm}) igual a 2kg/cm²

CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	CAPACIDAD PORTANTE (σ_{adm}) (Kg/cm ²)	
		SUELO SECO	SUELO SATURADO
arena gruesa firme y con algo de humedad	1.900 a 2.000	4 a 6	2

$$\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ Kg}} \quad \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$\sigma_{adm} = 20 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

PREDIMENSIONADO

Al tener ya capacidad portante (20 Ton/m²) y el valor de la carga axial ($P = 95 \text{ Ton}$) se procede al cálculo del área de la zapata con la fórmula del esfuerzo.

$$\sigma_{adm} = \frac{P}{A} \quad \frac{P}{\sigma_{adm}} = \frac{95 \text{ Ton}}{20 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}}$$

calcu $A = 4,75 \text{ m}^2$

Al tener el área para la zapata, se procede al cálculo de sus dimensiones de base (B) y longitud (L), con la fórmula del área de una zapata.

$$A = B \cdot L$$

Se visualiza en la ecuación que tenemos una ecuación con dos incógnitas, ya que no tenemos la dimensión de la base o de la longitud, por ende se usa la siguiente relación, para convertir la formula a una ecuación de primer grado.

$$L = \frac{A}{B}$$

Al tener la siguiente relación, se procede a la sustitución de la longitud (L), a la ecuación del área

reduciendo $A = 1,5B^2$

Se procede al cálculo de la base despejando B

$$A = 1,5B^2 \quad \text{despejando B} \quad \frac{\sqrt{A}}{1,5} \quad \text{sustituyendo valores} \quad \frac{\sqrt{4,75\text{m}^2}}{1,5}$$

Calculando $B = 1,78\text{m}$ **redondeando al decimo superior** **$B = 1,80\text{m}$**

Se procede al cálculo de la longitud sustituyendo el valor de la base (B), en la ecuación de la relación de la longitud.

$$\mathbf{L = 2,70\text{m}}$$

Y así tenemos ya las dimensiones de la zapata, definidas

$$\mathbf{B = 1,80\text{m} \text{ y } L = 2,70\text{m}}$$

CHEQUEO DE EXCENTRICIDAD

Para el chequeo de excentricidad se procede al cálculo usando las siguientes formulas

$$e_{\text{menor}} = \frac{My}{P} \quad e_{\text{mayor}} = \frac{Mx}{P}$$

Para e_{menor} :

$$e_{\text{menor}} = \frac{B}{6} = \frac{\frac{My}{P}}{\frac{B}{6}} = \frac{0 \text{ Ton. m}}{95 \text{ Ton}} \cdot \frac{1,8\text{m}}{6}$$

0m 0,30m si cumple

Para e_{mayor} :

$$e_{\text{mayor}} = \frac{L}{6} = \frac{\frac{Mx}{P}}{\frac{L}{6}} = \frac{7 \text{ Ton. m}}{95 \text{ Ton}} \cdot \frac{2,70\text{m}}{6}$$

0,07m 0,45m si cumple

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS:

Nota: Para el cálculo de asentamientos inmediatos, ocurre en arenas secas o saturadas y en arcillas secas, es este caso solamente hay dos estratos de arena saturada debido al que el nivel freático (NF), esta desde el apoyo de la zapata. Por ende se debe de hacer dos cálculos de asentamientos para los dos estratos de arena SP

Al saber en qué estratos se asentara, se procede a usarse la fórmula del cálculo de asentamiento inmediato.

$$s_{\text{imm}} = \frac{B}{E} \left[\frac{2}{\text{act}} \right]$$

Donde:

————— $F2$

PARA SP1 (H = 4m)

Para F1: se necesita la relación $H/(B/2)$ y L/B , para usar la figura 1 (**Ver Anexo D**) donde:

- $H= 4m$
- $B= 1,80m$
- $L= 2,70m$

$$\frac{H}{B} = \frac{4m}{1,80m} = 2,22 \quad \frac{L}{B} = \frac{2,70m}{1,80m} = 1,50$$

Usando la figura 1:

$$F1 = 0,34$$

Para F2: se usara la misma relación anterior H/B y L/B para usar la figura 2 (**Ver Anexo E**).

$$\frac{H}{B} = \frac{4m}{1,80m} = 2,22 \quad \frac{L}{B} = \frac{2,70m}{1,80m} = 1,50$$

Usando figura 2:

$$F2 = 0,07$$

: se usa el dato dado en el estrato 0,20

Usando la ecuación de del coeficiente de influencia, se sustituyendo los valores.

(————— —————)

$$I_p = 0,39$$

Se procede al cálculo de la carga actuante q_{act} .

$$q_{act} = \frac{P}{\text{—————}}$$

Donde:

- $P = 95 \text{ Ton}$
- $B = 2,60 \text{ m}$
- $L = 3,90 \text{ m}$

$$q_{act} = \frac{P}{\text{—————}} \quad q_{act} = \frac{95 \text{ Ton}}{2,70m}$$

$$q_{act} = 19,55 \text{ Ton/m}^2$$

Se procede finalmente al cálculo del asentamiento inmediato al ya tener todos los datos disponibles donde:

$$s_{inm} = \frac{B}{E} q_{act} (\quad)^2]$$

- $q_{act}=19,55 \text{ Ton/m}^2$
- $B = 1,80\text{m}$
- $E = 2040,60 \text{ Ton/m}^2$
- $0,20$

$$s_{inm} = \frac{1,80}{2040,60} q_{act} (\quad)^2]$$

$$\rho_{inm} = 0,013\text{m} \quad 1,30\text{cm}$$

PARA SP2 (H = 5m)

Para F1: se necesita la relación H/(B/2) y L/B, para usar la figura 1 (**Ver Anexo D**) donde:

- $H= 5\text{m}$
- $B= 1,80\text{m}$
- $L= 2,70\text{m}$

$$\frac{H}{B} = \frac{5\text{m}}{1,80\text{m}} = 2,78 \quad \frac{L}{B} = \frac{2,70\text{m}}{1,80\text{m}} = 1,50$$

Usando la figura 1:

$$F1 = 0,40$$

Para F2: se usara la misma relación anterior H/B y L/B para usar la figura 2 (**Ver Anexo E**).

$$\frac{H}{B} = \frac{5\text{m}}{1,80\text{m}} = 2,78 \quad \frac{L}{B} = \frac{2,70\text{m}}{1,80\text{m}} = 1,50$$

Usando figura 2:

$$F2 = 0,06$$

se usa el dato dado en el estrato 0,20

Usando la ecuación de del coeficiente de influencia, se sustituyendo los valores.

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \right) \left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

$$I_p = 0,45$$

Se procede al cálculo de la carga actuante q_{act} .

$$q_{act} = \frac{P}{L}$$

Donde:

- $P = 95 \text{ Ton}$
- $B = 2,60 \text{ m}$
- $L = 3,90 \text{ m}$

$$q_{act} = \frac{P}{L} = \frac{95 \text{ Ton}}{3,90 \text{ m}}$$

$$q_{act} = 19,55 \text{ Ton/m}^2$$

Se procede finalmente al cálculo del asentamiento inmediato al ya tener todos los datos disponibles donde:

$$s_{inm} = \frac{B}{E} q_{act} (1 - \mu^2)$$

- $q_{act} = 19,55 \text{ Ton/m}^2$
- $B = 1,80 \text{ m}$
- $E = 2040,60 \text{ Ton/m}^2$
- $\mu = 0,20$

$$s_{inm} = \frac{1,80}{2040,60} (1 - 0,20^2)$$

$$s_{inm} = 0,015 \text{ m} = 1,50 \text{ cm}$$

Haciendo un cálculo general el asentamiento inmediato total sería de:

$$s_{inm \text{ total}} = s_{inm \text{ SP1}} + s_{inm \text{ SP2}} = 1,30 \text{ cm} + 1,50 \text{ cm}$$

$$s_{inm \text{ total}} = 2,80 \text{ cm}$$

ASENTAMIENTO CONSOLIDADO

Nota: ocurre en arcillas húmedas y saturadas, en este caso la arcilla está saturada, por lo cual se procede al cálculo de asentamiento consolidado

Se chequea el asentamiento hasta una profundidad de $2,5B$

$$Z = 4,5 \text{ m}$$

Al ya saber hasta que profundidad se asienta por consolidación la estructura, se procede al uso de la fórmula de asentamiento por consolidación.

$$s_{\text{cons}} = \frac{H_0}{1 + e_0} \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}'} \right)$$

Donde:

Calculando Cc:

$$C_c = (e_0 - e_{\text{lim}}) \left(\frac{\sigma_{vo}'}{\sigma_{vo}} \right)$$

$$C_c = 0,283$$

Calculando el esfuerzo vertical (σ_{vo}): se calcula hasta la profundidad del asentamiento Z = 4,5 m

$$\sigma_{vo} = \varphi_{\text{relleno}} \cdot \gamma_{\text{relleno}} + (\varphi_{\text{arcilla}} + \varphi_{\text{agua}}) \cdot \gamma_{\text{arcilla}}$$

Nota: cabe recordar que la profundidad del asentamiento es de 4,5m, por lo tanto las alturas quedarían de la siguiente forma.

- $h_{\text{relleno}} = 2\text{m}$
- $h_{\text{arcilla}} = 2,5\text{m}$

Nota: cabe recordar que al haber un estrato de arena de por medio, entre el relleno y el estrato de arcilla, también se anexa los 4m de altura del estrato de arena.

Sustituyendo valores:

$$\sigma_{vo} = 1,76 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} + 1,80 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} + 2,70 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 9,34 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{vo} = 9,34 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Calculando σ_v :

$$\sigma_v = \frac{Q_{\text{act}}}{A}$$

Nota: para calcular It, se necesita la siguiente relación:

$$M = \frac{B}{Z} = \frac{1,80\text{m}}{8,50\text{m}} = 0,11$$

$$N = \frac{L}{Z} = \frac{2,70\text{m}}{8,50\text{m}} = 0,16$$

Obteniendo ya los resultados de N y M, se procede a buscar el valor de It, con la figura 3 (Ver Anexo F)

Usando figura 12:

$$I_t = 0,008$$

$$I_t = 0,032$$

Al ya tener el I_t calculado y también la carga actuante se procede al cálculo del incremento promedio de presión sobre la arcilla.

$$\sigma_v = 0,63 \text{ Ton/m}^2$$

Como ya se tienen todos los valores, se procede al cálculo del asentamiento por consolidación.

$$\rho_{cons} = \frac{H_o}{1 + e_o} \log \left(\frac{v_o + v}{v_o} \right)$$

Donde:

- $H_o = 4\text{m}$
- $e_o = 0,783$
- $C_c = 0,283$
- $v_o = 9,34 \text{ Ton/m}^2$
- $v = 0,63 \text{ Ton/m}^2$

Sustituyendo valores:

$$\rho_{cons} = \frac{4\text{m}}{1 + 0,783} \cdot 0,283 \cdot \log \left(\frac{9,34 \text{ Ton/m}^2 + 0,63 \text{ Ton/m}^2}{9,34 \text{ Ton/m}^2} \right)$$

$$\rho_{cons} = 0,018\text{m} = 1,80\text{cm}$$

ASENTAMIENTO TOTAL

$$\rho_{total} = 4,60\text{cm}$$

$$\rho_{total} = 4,60\text{cm}$$

$$4,60\text{cm}$$

CHEQUEO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Dimensiones efectivas:

menor

$$B' = 1,80m$$

mayor

$$L' = 2,56m$$

ECUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE

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

C = Cohesion

$$C = \frac{q_u}{2} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{9,8 \text{ kN}} = \frac{150 \text{ kN}}{2} \cdot \frac{m^2}{9,8 \text{ kN}}$$

$$C = 7,65 \text{ Ton} \cdot m^2$$

q = carga actuante

$$q_{relleno} = \frac{\text{Ton}}{m^3} \cdot 2m$$

$$q = 3,52 \text{ Ton} \cdot m^2$$

φ = peso específico unitario: φ_{relleno} = 1,76 Ton/m³

N_c, N_q, N_φ = factores de carga: se calcula según el ángulo de fricción debido a que el tipo de suelo que soporta a la zapata, es de arena, el ángulo de fricción se calcula mediante la siguiente formula:

$$\phi_{corr} = \phi_{corr}^2$$

Sustituyendo valores:

$$(15)^2 = 30,38$$

Se trabaja con un ángulo de entero superior, debido a que mayor grado de fricción tenga el estrato, más desfavorable será para la estructura.

$$= 30,38 \quad 31^\circ$$

N_c, N_q, N_φ = factores de carga: Usando la tabla 3.4, con el dato del ángulo de fracción

Ø	N _c	N _q		N _q /N _c	tanØ
27	23,94	13,2	14,47	0,55	0,51

28	25,8	14,72	16,72	0,57	0,53
29	27,86	16,44	19,34	0,59	0,55
30	30,14	18,4	22,4	0,61	0,58
31	32,67	20,63	25,99	0,63	0,6

Fcs, Fqs, Fφs = factores de forma: para el cálculo de los factores de forma, primero se debe de verificar que la longitud (L), tiene que ser mayor a la base

$$L' > B \quad 2,56m > 1,80m$$

Nota: como se cumple la relación indicada anteriormente se procede al cálculo de los factores de forma de la siguiente forma.

$$F_{cs} = 1 + \frac{B'}{L'} \frac{Nq}{Nc}$$

$$\frac{1,80m}{2,56m} \quad F_{cs} = 1,44$$

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

$$+ \frac{1,80m}{2,56m} \quad F_{qs} = 1,42$$

$$F_{\phi d} = 1 - 0,4 \frac{B'}{L'}$$

$$0,4 \frac{1,80m}{2,56m} \quad F_{\phi d} = 0,72$$

Fcd, Fqd, Fφd = factores de profundidad: Para el cálculo de los factores de profundidad se tiene que cumplir la relación de que la división de la profundidad de desplante (Df) y la base de la zapata (B) tiene que ser menor o igual a 1.}

$$\frac{Df}{B} \quad \frac{2m}{1,80m}$$

$$1,11 < 1$$

Nota: al ver que la condición no cumple, se procede al cálculo de los factores de profundidad con las siguientes ecuaciones.

$$F_{cd} = 1 - 0,4 \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B} \right)$$

$$\left(\frac{2m}{1,80m} \right)$$

$$F_{cd} = 20,21$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan^2 \left(1 - \sin^2 \beta \right) \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\beta}{2} \right) \left(\frac{D_f}{B} \right)^2 \left(\frac{2m}{1,80m} \right)^2$$

$$F_{qd} = 14,55$$

$$F_{\phi d} = 1$$

F_{ci}, F_{qi}, F_{ϕi} = factores de inclinación: al tener el valor del ángulo de inclinación ($\beta = 40^\circ$), los factores de inclinación se calculan de la siguiente forma:

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

$$F_{ci} = F_{qi} = 0,31$$

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

Sustituyendo valores $= \left(1 - \frac{40}{90} \right)^2$ **F_{ϕi} = 0,08**

Al tener todos los valores correspondientes para el cálculo del chequeo de la capacidad portante, se procede al cálculo de la misma

$$q_{ult}' = C \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot B' \cdot N \cdot F_s \cdot F_d \cdot F_i$$

Sustituyendo valores:

$$q_{ult}' = 2722,24 \text{ Ton/m}^2$$

CARGA ÚLTIMA TOTAL

Se procede al cálculo de la carga última total

Donde:

- $q_{ult}' = 2.722,24 \text{ Ton/m}^2$
- $B' = 1,80m$

- $L' = 2,56m$

$$\frac{Ton}{m^2}$$

$$Qult' = 12.544,08 \text{ Ton}$$

FACTOR DE SEGURIDAD POR CARGA

Se procede al cálculo del factor de seguridad por carga con la siguiente formula

$$FS = \frac{Qult'}{Qtotal} \quad \text{Ecuacion \#01}$$

$$\text{Ecuacion \#02}$$

$$Qsuelo = \quad \text{Ecuacion \#03}$$

Usando la ecuación #03:

Donde:

- $\frac{Ton}{m^3}$

- $Df = 2m$

- $B = 1,80m$

- $L = 2,56m$

$$\frac{Ton}{m^3}$$

$$Qsuelo = 16,22 \text{ Ton}$$

$$Ton + 16,22 \text{ Ton}$$

$$Qtotal = 111,22 \text{ Ton}$$

$$\frac{12.544,08 \text{ Ton}}{111,22 \text{ Ton}}$$

$$111,22 \text{ Ton}$$

$$FS = 112,79 \quad 3 \quad \text{SI CUMPLE !}$$

FACTOR DE SEGURIDAD POR ESFUERZO CON RESPECTO A LA CARGA MÁXIMA

Se procede por ultimo al cálculo del factor de seguridad por esfuerzo con respecto a la carga máxima, usando la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{qult'}{qmax + qsuelo} \quad \text{Ecuacion \#01}$$

$$qsuelo = \quad \text{Ecuacion \#02}$$

$$q_{\max} = \frac{P}{B} + \frac{6e_{\text{mayor}}}{L} \quad \text{Ecuación \#03}$$

Usando la ecuación #03:

- $P = 95 \text{ Ton}$
- $B = 1,80\text{m}$
- $L = 2,56\text{m}$
- $e_{\text{mayor}} = 0,07\text{m}$

$$q_{\max} = \frac{95 \text{ Ton}}{1,80\text{m}} + \frac{6 \cdot 0,07\text{m}}{2,56\text{m}}$$

$$q_{\max} = 22,59 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{suelo}} = 3,52 \text{ Ton/m}^2$$

$$FS = \frac{12.544,08 \text{ Ton/m}^2}{22,59 \text{ Ton/m}^2 + 3,52 \text{ Ton/m}^2}$$

$$FS = 480,43 \quad 3 \quad \text{SI CUMPLE}$$

Ejercicios Propuestos.

Ejercicio 1: se da el siguiente estrato geotecnico para el diseño de una zapata, calcule y verifique todas sus propiedades, teniendo en cuenta los siguientes datos

DATOS:

- $P = 215 \text{ Ton}$
- $M_x = 25 \text{ Ton.m}$

N	Z	RELLENO		
10	1			
13	2			
23	3			
26	4	C H	Gs: 2,56	NF
24	5		e 0,6	
21	6		W 15%	
19	7			
25	8			
20	9	S W	Gs: 2,68	NF
23	10		n: 0,4	
39	11		E: 1019,38 ton/m ²	
43	12			
41	13			
42	14			
45	15			
57	16			

Ejercicio #02: se da el siguiente estrato geotecnico para el diseño de una zapata, calcule y verifique todas sus propiedades, teniendo en cuenta los siguientes datos

DATOS:

- $P = 125 \text{ Ton}$
- $M_x = 13,5 \text{ Ton.m}$
- $\beta = 30^\circ$

N	Z	RELLENO		
8	1	Y= 1,15	TON/m ³	
12	2			
13	3	S P	Y= 2,15 TON/m ³	NF
20	4		E=1610,60 TON/m ²	
11	5		$\mu= 0,35$	
15	6	C L	Y= 1,68 TON/m ³	NF
11	7		eo= 0,783	
4	8			
10	9	S P	Y= 1,79 TON/m ³	NF
18	10			
35	11			
42	12			
38	13			
55	14			
62	15			

CAPÍTULO V:

DISEÑO GEOTÉCNICO DE FUNDACIONES PROFUNDAS

5.1.- DETERMINACIÓN DE LA CARGA NOMINAL

$$A_{secc} = \frac{B^2}{4}$$

- $f'c$ = resistencia nominal del concreto
- B = base del pilote (diámetro del forro) para pilotes de concreto
- B = base del pilote (diámetro del forro) para pilotes de acero
- B = base del pilote (diámetro del forro) para pilotes de bentonítico)
- A_{secc} = área de la sección
- B = base

5.2.- DETERMINAR EL NÚMERO DE PILOTES

$$\#PILOTES = \frac{Q_{nom}}{Q_{pila}}$$

5.3.- CAPACIDAD POR PUNTA

$$Q_{punta} = A_{secc} \cdot H_c$$

$$Q_{ult} = C \cdot N_{c'} + q' \cdot N_{q'}$$

$corr$ $corr$)²

$> 35^\circ$

- C = cohesión
- $N_{c'}$; $N_{q'}$ = se calcula en la figura 9.14 con ϕ = ángulo de fricción
- H_c = altura desde el estrato en estudio hasta la punta del pilote
- $N_{prom,corr}$ = número de golpes corregidos ya sea en arcilla o arena

5.7.- VERIFICACIÓN

longitud

5.8.- Ejercicio: se tiene la siguiente estratigrafía, diseñar la fundación más económica para las condiciones geotécnicas de la figura. Se desea construir una edificación hospitalaria con dos sótanos de estacionamientos, la carga estimada para uno de las columnas es de 360 toneladas y el momento en el eje equis es de 26 Ton.m; los pilotes serán hincados con alto desplazamiento, vaciado en sitio con ayuda de lodo bentonítico, es de concreto y se debe asumir el cabezal del pilote.

Z	N						
1	11			SOTANO I			
2	8						
3	10						
4	10	CL	γ=1,99 Ton/m ³	SOTANO II			
5	12						
6	14						
7	16						
8	18	SM	γ=1,96 Ton/m ³			N F	
9	24						
10	28						
11	26						
12	29	CH	γ=1,94 Ton/m ³				
13	6						
14	8						
15	7	SP	γ=2,04 Ton/m ³				
16	34						
17	38						
18	46						
19	48						
20	51						
21	52						

DATOS:

- $P = 360 \text{ Ton}$
- $M_x = 26 \text{ Ton.m}$

DETERMINAR Q_{NOM}

Para determinar el Q_{NOM} , según el enunciado del ejercicio, se debe asumir la dimensión del cabezal (B), en la cual el Predimensionado mínimo para los cabezales tiene que ser igual o mayor a 55cm (**B = 55cm**), por ende se comenzara el ejercicio con el cabezal con una base de 55cm ($B = 55\text{cm}$).

Ecuación 1

$$A_{secc} = \frac{\quad^2}{4} \quad \text{Ecuacion 2}$$

Donde:

- $f_c = 180 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 0,18 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$
- ϕ concreto
- ϕ (vaciado en sitio con lodo bentonitico)
- $B = 55\text{cm}$

Usando Ecuación 2:

$$A_{secc} = 2.375,83 \text{ cm}^2$$

Usando Ecuación 1:

$$Q_{nom} = 85.529,88 \text{ Kg} = 85,53 \text{ Ton}$$

CALCULO DEL NÚMERO DE PILOTES

$$\#PILOTES = \frac{1,10}{Q_{nom}}$$

Donde:

- $P = 360 \text{ Ton}$
- $Q_{nom} = 85,53 \text{ Ton}$

$$\#PILOTES = 4,63 \text{ pilotes} \quad \mathbf{5 \text{ pilotes}}$$

Nota: 5 pilotes para un Predimensionado que debe de ser económico, es mucho, por ende se procederá al cálculo con una base de cabezal $B = 70\text{cm}$

DETERMINAR Q_{NOM}

Ecuación 1

$$A_{secc} = \frac{\quad^2}{4} \quad \text{Ecuacion 2}$$

Donde:

$$f_c = 180 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 0,18 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

· concreto

Ø (vaciado en sitio con lodo bentonitico)

$$B = 70\text{cm}$$

Usando Ecuación 2:

$$\frac{\quad}{4}$$

$$\text{Asecc} = 3.848,45\text{cm}^2$$

Usando Ecuación 1:

$$3.848,45\text{cm}^2 \cdot 180 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 0,20$$

$$\text{Qnom} = 138.544,20\text{Kg} = 138,54\text{Ton}$$

CALCULO DEL NÚMERO DE PILOTES

$$\#PILOTES = \frac{1,10}{\text{Qnom}}$$

Donde:

$$P = 360 \text{ Ton}$$

$$\text{Qnom} = 138,54\text{Ton}$$

$$\frac{138,54 \text{ Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$\#PILOTES = 2,86 \text{ pilotes} \quad 3 \text{ pilotes}$$

CAPACIDAD POR PUNTA

Ecuación 1

$$\text{Apunta} = \text{Asecc} = \frac{\quad}{H_c} \quad \text{Ecuación 2}$$

Ecuación 3

Nota: para comenzar a realizar el cálculo, primero se debe de calcular el ángulo de fricción con la siguiente formula

$$= 27,1 + N_{\text{promcorr}} \quad \text{corr})^2 \quad \text{Ecuación 4}$$

Pero antes debemos de realizar la corrección del número de golpes, en el estrato que trabaja por punta, en este caso se realizara en el estrato SP (arena). Al ser un estrato de arena se

puede realizar la corrección de números de golpes por el método Terzaghi o método de Peck.

- **Para Terzaghi:** para aplicar este método se deben cumplir simultáneamente tres condiciones.
 1. El estrato debe de ser arena fina o limosas (**Si Cumple**)
 2. El suelo tiene que estar saturado (**Si Cumple**)
 3. El número de golpes de cada altura del estrato debe ser mayor a 15 (**N > 15**) (**Si Cumple**)

Al ver que las tres condiciones si se cumplen, se realiza la corrección de números de golpes por el método Terzaghi con la siguiente ecuación:

$$N_{corr_{zn}} = 15 + \frac{N_{zn}}{2}$$

Donde:

- $N_{corr_{zn}}$ = número de golpe corregido según la altura del estrato
- N_{zn} = número de golpe en la altura indicada

Se realizara una tabulación de los resultados de la ecuación en la cual quedaría de la siguiente forma:

Zn	N _{zn}	N _{corr_{zn}}
16	34	24,5
17	38	26,5
18	46	30,5
19	48	31,5
20	51	33
21	52	33,5

Al realizar el cálculo de la corrección de los números de golpes en cada nivel del estrato se procede a calcular el promedio del número de golpes en el estrato

$$N_{prom} = \frac{24,5 + 26,5 + 30,5 + 31,5 + 33 + 33,5}{6}$$

$$N_{prom} = 29,92 \quad 29 \text{ golpes}$$

Nota: Se recuerda que los números de golpes se llevan a números enteros y de valor inferior ya que a menor números de golpes, más desfavorable será el estrato.

Al ya tener el cálculo del número de golpes corregido, se procede al cálculo del ángulo de fricción con la Ecuación 4

$$(29)^2$$

35, 35 36°

Nota: se cabe recordar que para el cálculo del ángulo de fricción, siempre se lleva al número entero superior, ya que a mayor grado de fricción tenga el estrato más desfavorable es.

Al tener el valor del ángulo de fricción (ϕ), se procede al cálculo de la Ecuación 3, pero antes se buscan los datos de la figura 4 (Ver Anexo G), para obtener los factores de carga Nc' y Nq'

- $Nc' = 200$
- $Nq' = 160$
- La cohesión de una arena es igual a cero ($C = 0$)
- La carga q , se calcula desde la base del cabezal hasta la profundidad H_c , por ende se calcula primero la profundidad H_c

$$H_c = 15 \text{ B}$$

se usa esta relacion ya que 36 > 35

$$H_c = 1050 \text{ cm} = 10,50 \text{ m}$$

Se realizara el cálculo de la carga hasta una profundidad de 10,50m en la cual queda repartido de la siguiente forma:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| · $h_{CL} = 1 \text{ m}$ | · $CL = 1,99 \text{ Ton m}^3$ |
| · $h_{SM} = 5 \text{ m}$ | · $SM = 1,96 \text{ Ton m}^3$ |
| · $h_{CH} = 3 \text{ m}$ | · $CH = 1,94 \text{ Ton m}^3$ |
| · $h_{SP} = 1,5 \text{ m}$ | · $SP = 2,04 \text{ Ton m}^3$ |

CL h₂O CL SM h₂O SM⁺ CH h₂O CH SP h₂O SP

Sustituyendo valores:

$$q = 10,17 \text{ Ton m}^2$$

Usando la Ecuación 3:

$$\text{Ton m}^2$$

$$Q_{ult} = 1627,20 \text{ Ton m}^2$$

Usando la Ecuación 2:

$$\frac{\quad}{4}^2$$

$$\text{Apunta} = 3848,45 \text{ cm}^2 = 0,38 \text{ m}^2$$

Usando la Ecuación 1:

$$^2 \quad \text{Ton} \quad \text{m}^2$$

$$\text{Qp} = 618,34 \text{ Ton}$$

CAPACIDAD POR FRICCIÓN

Se realiza el cálculo en el estrato SM

Ecuación 1

Af =

Ecuación 2

v Ecuación 3

Antes de hacer los respectivos cálculos, se procede al cálculo de los números de golpes para calcular el ángulo de fricción de dicho estrato, al ser un estrato de arena se realiza por el método de Terzaghi o de Peck

Analizando el método Terzaghi: para aplicar este método se deben cumplir simultáneamente tres condiciones.

1. El estrato debe de ser arena fina o limosas(**Si Cumple**)
2. El suelo tiene que estar saturado(**Si Cumple**)
3. El número de golpes de cada altura del estrato debe ser mayor a 15 (**N > 15**)(**Si Cumple**)

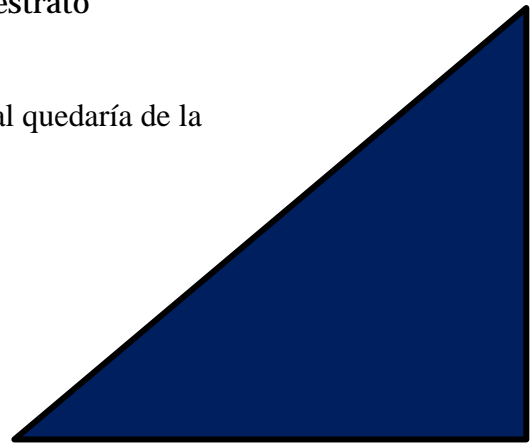
Al ver que las tres condiciones si se cumplen, se realiza la corrección de números de golpes por el método Terzaghi con la siguiente ecuación:

$$N_{\text{corr}_{zn}} = 15 + \frac{N_{zn}}{2}$$

Donde:

- $N_{\text{corr}_{zn}}$ = número de golpe corregido según la altura del estrato
- N_{zn} = número de golpe en la altura indicada

Se realizara una tabulación de los resultados de la ecuación en la cual quedaría de la siguiente forma:



Zn	Nzn	Ncorrzn
8	18	16,5
9	24	19,5
10	28	21,5
11	26	20,5
12	29	22

Al realizar el cálculo de la corrección de los números de golpes en cada nivel del estrato se procede a calcular el promedio del número de golpes en el estrato

$$N_{prom} = \frac{16,5 + 19,5 + 21,5 + 20,5 + 22}{5}$$

$$N_{prom} = 20 \text{ golpes}$$

Al tener el número de golpes promedio, se realiza el cálculo de del ángulo de fricción con la siguiente ecuación:

$$\phi_{corr} = \arctan\left(\frac{N_{prom}}{2}\right)$$

$$\phi_{corr} = 32,88^\circ \approx 33^\circ$$

Al tener el valor del ángulo de fricción (ϕ), se buscan los datos para el cálculo

- K = factor de la forma de colocación

$$K = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{desplazamiento}}$$

$$K = 0,81$$

- α = ángulo de inclinación

$$\alpha = \frac{2}{3}$$

$$\alpha = 2$$

$$\alpha = 2$$

- v = esfuerzo vertical efectivo: se calcula desde la cabeza del pilote hasta la mitad del estrato en estudio

$$v = (\varphi_{CL} \cdot \varphi_{agua} \cdot CL) + (\varphi_{SM} \cdot \varphi_{agua} \cdot SM)$$

Sustituyendo valores:

$$v = (1,99 \text{ Ton m}^3 \cdot \text{Ton m}^3) + (\text{Ton m}^3 \cdot \text{Ton m}^3)$$

$$\sigma_v = 3,39 \text{ Ton m}^2$$

Usando la Ecuación 3:

$$\text{Ton m}^2$$

$$q_f = 1,11 \text{ Ton m}^2$$

Usando la Ecuación 2:

Donde:

- L = 5m (profundidad del estrato)
sustituyendo

$$A_f = 11 \text{ m}^2$$

Usando la ecuación 1:

$$^2 \text{ Ton m}^2$$

$$Q_f = 12,21 \text{ Ton}$$

CAPACIDAD POR ADHERENCIA (estrato de arcilla CH)

Ecuación 2

Antes de hacer el uso de dichas ecuaciones, se tiene que hacer la corrección del número de golpes de dicho estrato, debido a que el estrato es una arcilla CH, el número de golpes se va a corregir con la fórmula del promedio.

$$N_{corr} = \frac{N_{zn}}{\#N_{zn}}$$

$$\frac{06 + 08 + 07}{3}$$

$$N_{corr} = 7 \text{ golpes}$$

Al tener el valor del número de golpes promedio corregido, se procede ir a la tabla 1 (Ver Anexo A), para conseguir la carga en dicho estrato

# de Golpes Corregidos	Consistencia	resistencia a compresión no refinada (qu) (KN/m ²)
5 a 10	Medio Firme	50 a 100

Según tabla 1: tiene una consistencia medio firme y su resistencia se tiene que interpolar

Interpolando:

	# golpes	resistencia	
	5	50	
	7	X	
	10	100	

$$\frac{\quad}{\quad} = \frac{50}{X} \quad \text{despejando X} \quad \frac{\quad}{5}$$

$$X = q = 70 \text{ kN/m}^2$$

$$= 70 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \frac{1 \text{ Ton}}{9,8 \text{ kN}} \quad q = 7,14 \text{ Ton/m}^2$$

Al tener el valor de carga (q), se procede al cálculo de Cu:

$$C_u = \frac{q}{2}$$

$$\frac{7,14 \text{ Ton/m}^2}{2}$$

calculando $C_u = 3,57 \text{ Ton/m}^2$ $C_u = 35 \text{ kN/m}^2$

H), en la cual el dato es de:

Usando la Ecuación 3:

$$q_{adh} = 3,57 \text{ Ton/m}^2$$

Usando la Ecuación 2:

$$A_{adh} = 6,60 \text{ m}^2$$

Usando la Ecuación 1:

$$Q_{adh} = 23,56 \text{ Ton}$$

CALCULO DE LA CARGA ADMISIBLE

Para el cálculo de carga admisible se necesita de las siguientes dos ecuaciones:

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{FS} \quad \text{Ecuación 1}$$

Ecuación 2

(se escoge debido a que se asumió la base $B = 70\text{cm}$)

Usando Ecuación 2:

$$Q_{ult} = 654,11 \text{ Ton}$$

Usando Ecuación 1:

$$\frac{654,11 \text{ Ton}}{3}$$

$$Q_{adm} = 218,04 \text{ Ton}$$

VERIFICACIÓN

longitud

$$138,54 \text{ Ton} \quad Q_{adm} = 218,04 \text{ Ton} \quad \text{SI CUMPLE !}$$

5.9.- Ejercicios propuestos.

Ejercicio 1: se tiene la siguiente estratigrafía, diseñar la fundación más económica para las condiciones geotécnicas de la figura. Se desea construir una edificación residencial con dos sótanos de estacionamientos, la carga estimada para uno de las columnas es de 470 toneladas y el momento en el eje equis es de 30 Ton.m; los pilotes serán hincados con bajo desplazamiento, vaciado en sitio con forro, es de acero y se debe asumir el cabezal del pilote.

Ejercicio 2: con la estratigrafía del ejercicio anterior, diseñar la fundación más económica para las condiciones geotécnicas de la figura. Se desea construir una edificación comercial con dos sótanos de estacionamientos, la carga estimada para uno de las columnas es de 600 toneladas y el momento en el eje equis es de 35 Ton.m; los pilotes serán excavados, vaciado en sitio con forro, es de concreto y se requiere trabajar con un cabezal entre 70cm y 105cm. ¿Se podrá realizar esta edificación?

Imagen de la estratigrafía para los ejercicios

Z	N							
1	11			SOTANO I				
2	8							
3	10							
4	10	CL	Y=1,75 Ton/m3	SOTANO II				
5	11							
6	13							
7	18							
8	20	SM	Y=2,06 Ton/m3					
9	26							
10	31							
11	30							
12	33	CH	Y=2,21 Ton/m3					
13	10							
14	9							
15	12	SP	Y=2,14 Ton/m3					
16	36							
17	41							
18	47							
19	50							
20	54							
21	57							

ANEXO DE TABLAS

TABLA 1

# de Golpes Corregidos	Consistencia	Resistencia a compresión no refinada (qu) (KN/m ²)
0 a 2	Muy Blanda	0 a 25
2 a 5	blanda	25 a 50
5 a 10	Medio Firme	50 a 100
10 a 20	Firme	100 a 200
20 a 30	Muy Firme	200 a 400
30 a más golpes	Dura	> 400

TABLA 2

PESO ESPECIFICO Y CAPACIDAD PORTANTE

CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	CAPACIDAD PORTANTE adm) (Kg/cm ²)	
		SUELO SECO	SUELO SATURADO
Roca dura, estratificada, sana y compacta	2.800 a 3.000	60 a 100	-
Roca no estratificada, con algunas fisuras	2.700	40 a 50	-
Rocas estratificadas	2.600	25 a 30	-
Piedra caliza compacta	2.500	10 a 20	-
Piedra caliza porosa	2.000	8 a 10	-
Exquisitos o roca blanda	1.800 a 2.000	8	-
Grava con arena compacta	2.000	5 a 8	2 a 4
Arena gruesa firme y con algo de humedad	1.900 a 2.000	4 a 6	2
Arena gruesa seca	1.800	3 a 5	-
Arena fina húmeda	1.750	2 a 5	1 a 2
Arena fina seca	1.700	1 a 2	-
Arena arcillosa mediana y densa	1.900	2 a 3	0,5 a 1
Arena arcillosa seca y suelta	1.700	1 a 2	-
Arcilla dura compacta	1.800	4	-
Arcilla muy firme	1.800	2 a 3	-
Arcilla semidura	1.750	1 a 2	-
Arcilla mediana	1.700	0,5 a 1	-
Arcilla blanda	1.700	< a 0,5	-
Limos	1.700	< a 0,4	-
Fango, lodo o tuba inorgánica	900	-	-
Suelos orgánicos	1.600	-	-
Tierra vegetal seca	1.700	-	-
Rellenos sin consolidar	1.700	-	-

TABLA 3

Suelos arenosos		Suelos arcillosos	
# de golpes	Consistencia	# de golpes	Consistencia
< a 4	Muy suelta	< a 2	Muy Blanda
4 a 10	Suelta	2 a 4	Blanda
11 a 30	Mediana	5 a 8	Mediana
31 a 50	Densa	9 a 15	Firme
> a 50	Muy densa	16 a 30	Muy firme
		> a 30	Dura

TABLA 4

Números de golpes a penetración standard	
CLASE DE SUELO	N
Grava y arena gruesa compacta	50
Arena gruesa uniforme densa	40 a 42
Arena mediana firme	36 a 38
Arena fina firme	30 a 32
Arena suelta	10 a 20
Arena muy suelta	< a 10
Arena arcillosa mediana	25
Arena arcillosa suelta	15

TABLA 5

Valores de la cohesión en suelos arcillosos	
CLASE DE SUELO	C (Kg/cm²)
Arcilla muy blanda	-
Arcilla blanda	0,05 a 0,10
Arcilla mediana	0,25 a 0,50
Arcilla firme	0,60 a 0,80
Arcilla muy firme	0,80 a 1,00
arcilla dura y compacta	1,00 a 1,20
Arcilla arenosa densa	0,40 a 0,60
Arcilla arenosa suelta	0,1
Limo	0,10 a 0,30

TABLA 6**FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA**

Ø	Nc	Nq		Nq/Nc	tanØ	Ø	Nc	Nq		Nq/Nc	tanØ
0	5,14	1	0	0,2	0	26	22,25	11,85	12,54	0,53	0,49
1	5,38	1,09	0,07	0,2	0,02	27	23,94	13,2	14,47	0,55	0,51
2	5,63	1,2	0,15	0,21	0,03	28	25,8	14,72	16,72	0,57	0,53
3	5,9	1,31	0,24	0,22	0,05	29	27,86	16,44	19,34	0,59	0,55
4	6,19	1,43	0,34	0,23	0,07	30	30,14	18,4	22,4	0,61	0,58
5	6,49	4,57	0,45	0,24	0,09	31	32,67	20,63	25,99	0,63	0,6
6	6,81	1,72	0,57	0,25	0,11	32	35,49	23,18	30,22	0,65	0,62
7	7,16	1,88	0,71	0,26	0,12	33	38,64	26,09	35,19	0,68	0,65
8	7,53	2,06	0,86	0,27	0,14	34	42,16	29,44	41,06	0,7	0,67
9	7,92	2,25	1,03	0,28	0,16	35	46,12	33,3	48,03	0,72	0,7
10	8,35	2,47	1,22	0,3	0,18	36	50,59	37,75	56,31	0,75	0,73
11	8,8	2,71	1,44	0,31	0,19	37	5,63	42,92	66,19	0,77	0,75
12	9,28	2,97	1,69	0,32	0,21	38	61,35	48,93	78,03	0,8	0,78
13	9,81	3,26	1,97	0,33	0,23	39	67,87	55,96	92,25	0,82	0,81
14	10,37	3,59	2,29	0,35	0,25	40	75,31	64,2	109,41	0,85	0,84
15	10,98	3,94	2,65	0,36	0,27	41	83,86	73,9	130,22	0,88	0,87
16	11,63	4,34	3,06	0,37	0,29	42	93,71	85,38	155,55	0,91	0,9
17	12,34	4,77	3,53	0,39	0,31	43	105,11	99,02	186,54	0,94	0,93
18	13,1	5,26	4,07	0,4	0,32	44	118,37	115,31	224,64	0,97	0,97
19	13,93	5,8	4,68	0,42	0,34	45	133,88	134,88	271,76	1,01	1
20	14,83	6,4	5,39	0,43	0,36	46	152,1	158,51	330,35	1,04	1,04
21	15,82	7,07	6,2	0,45	0,38	47	173,64	187,21	403,67	1,08	1,07
22	16,88	7,82	7,13	0,46	0,4	48	199,26	222,31	496,01	1,12	1,11
23	18,05	8,66	8,2	0,48	0,42	49	229,93	265,51	613,16	1,15	1,15
24	19,32	9,6	9,44	0,5	0,45	50	266,89	319,07	762,89	1,2	1,19
25	20,72	10,66	10,88	0,51	0,47						

ANEXO DE GRÁFICAS

FIGURA #01: grafica para el calculo de F_1

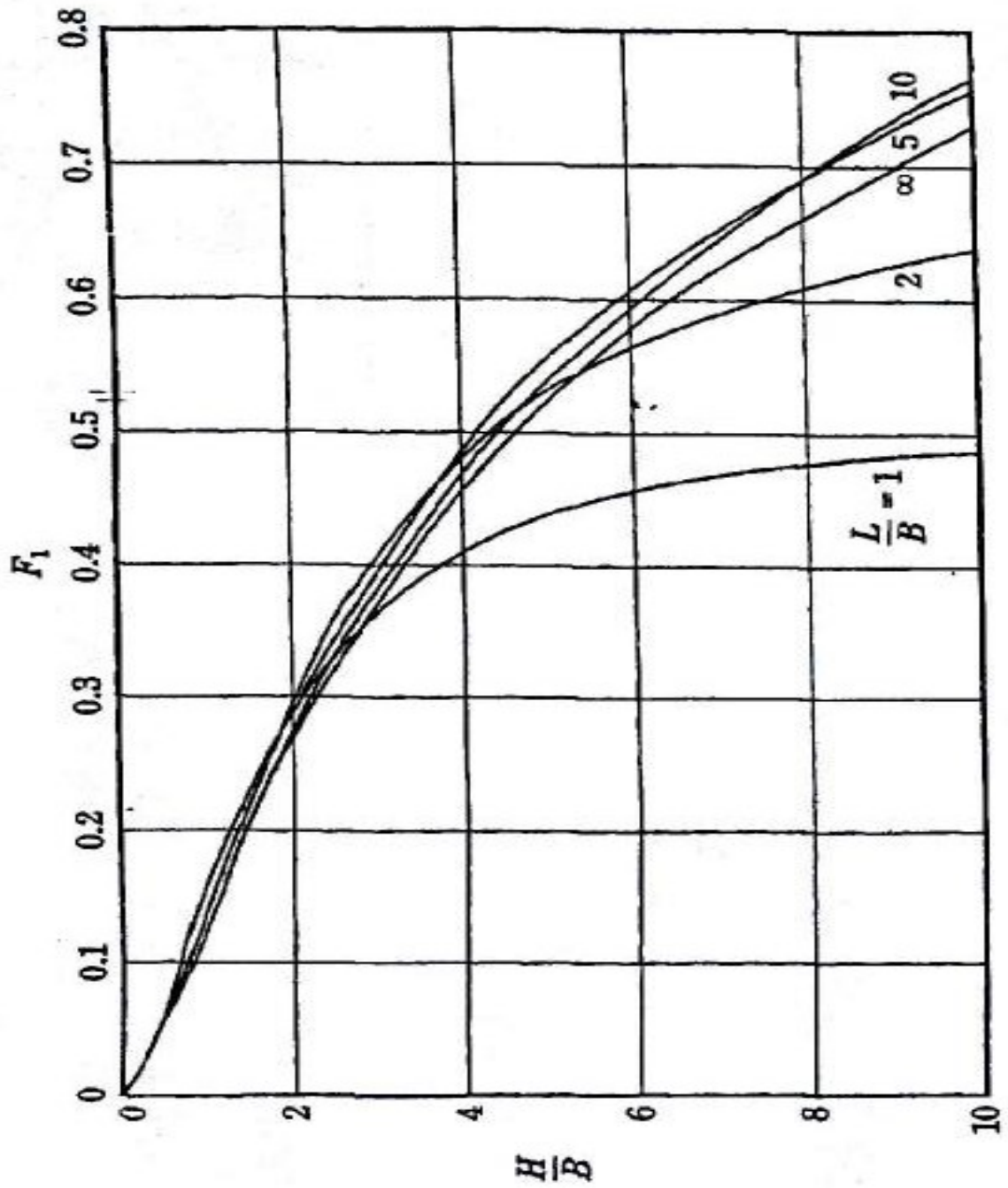


FIGURA #02: calculo para el valor de F2

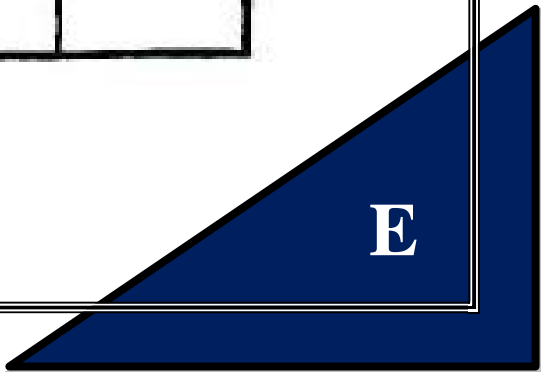
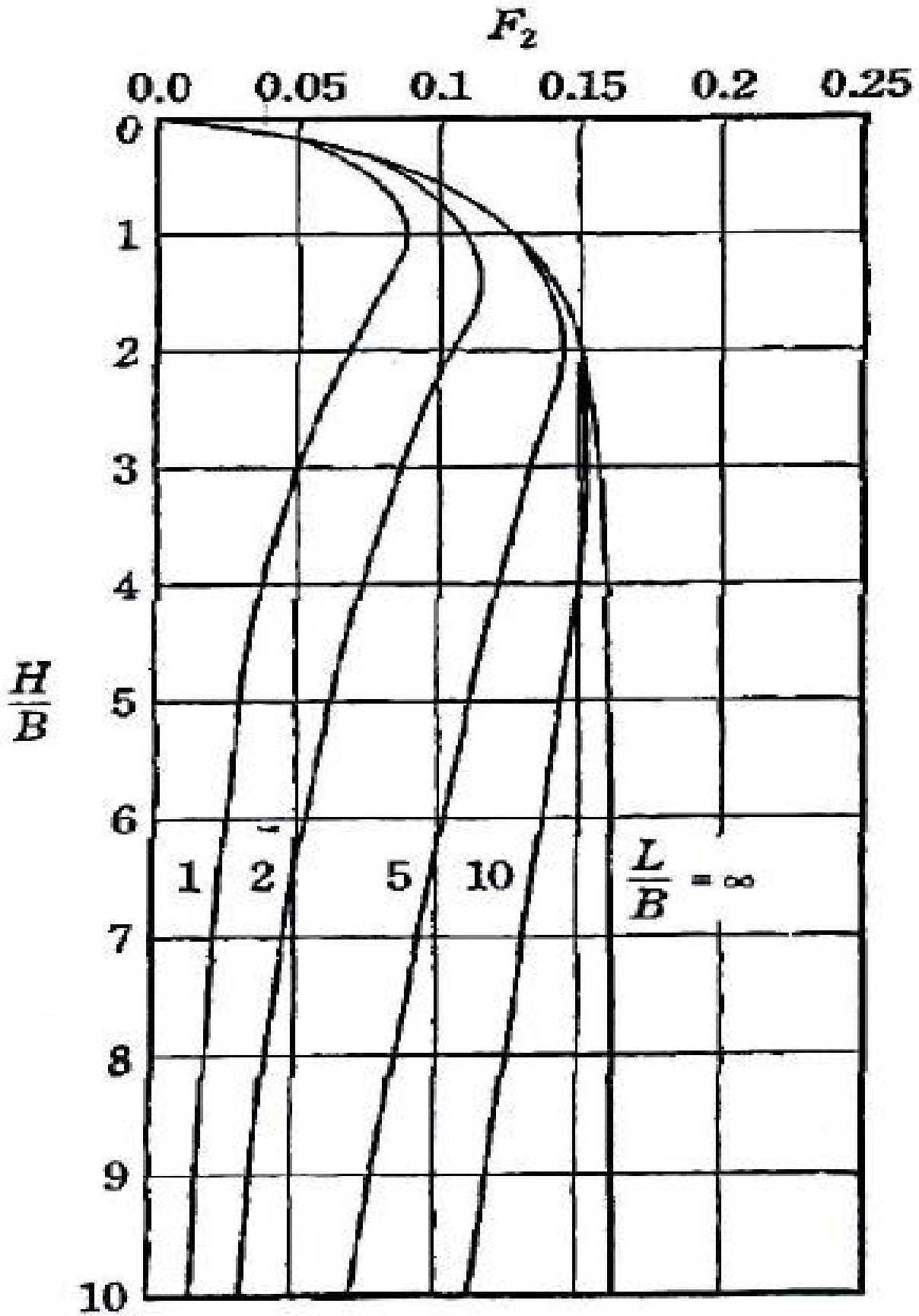


FIGURA #03: calculo para el valor de It

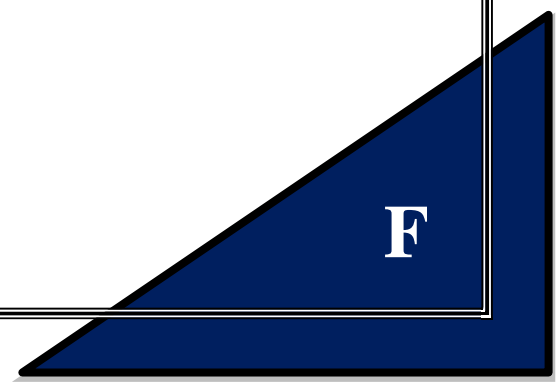
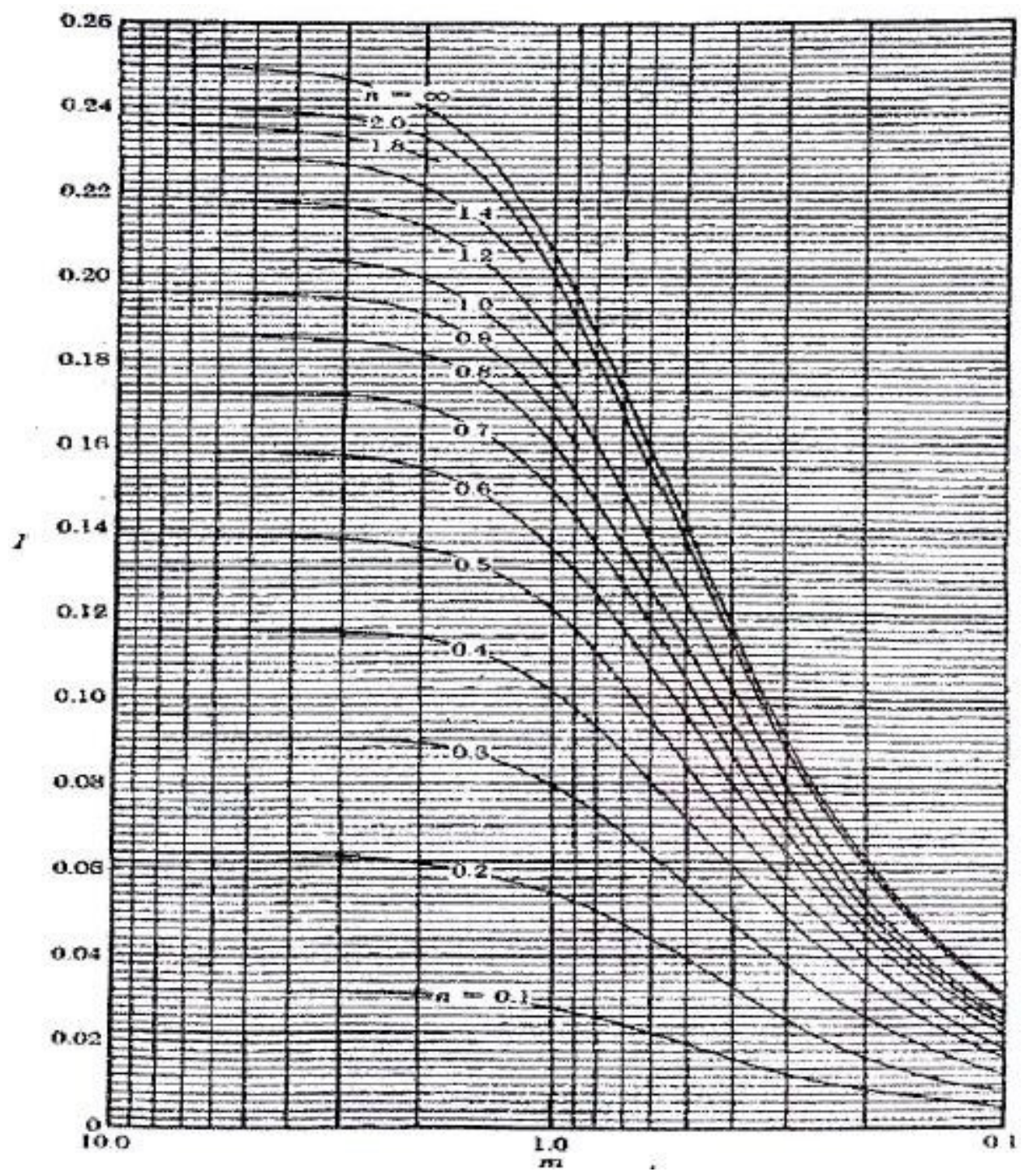
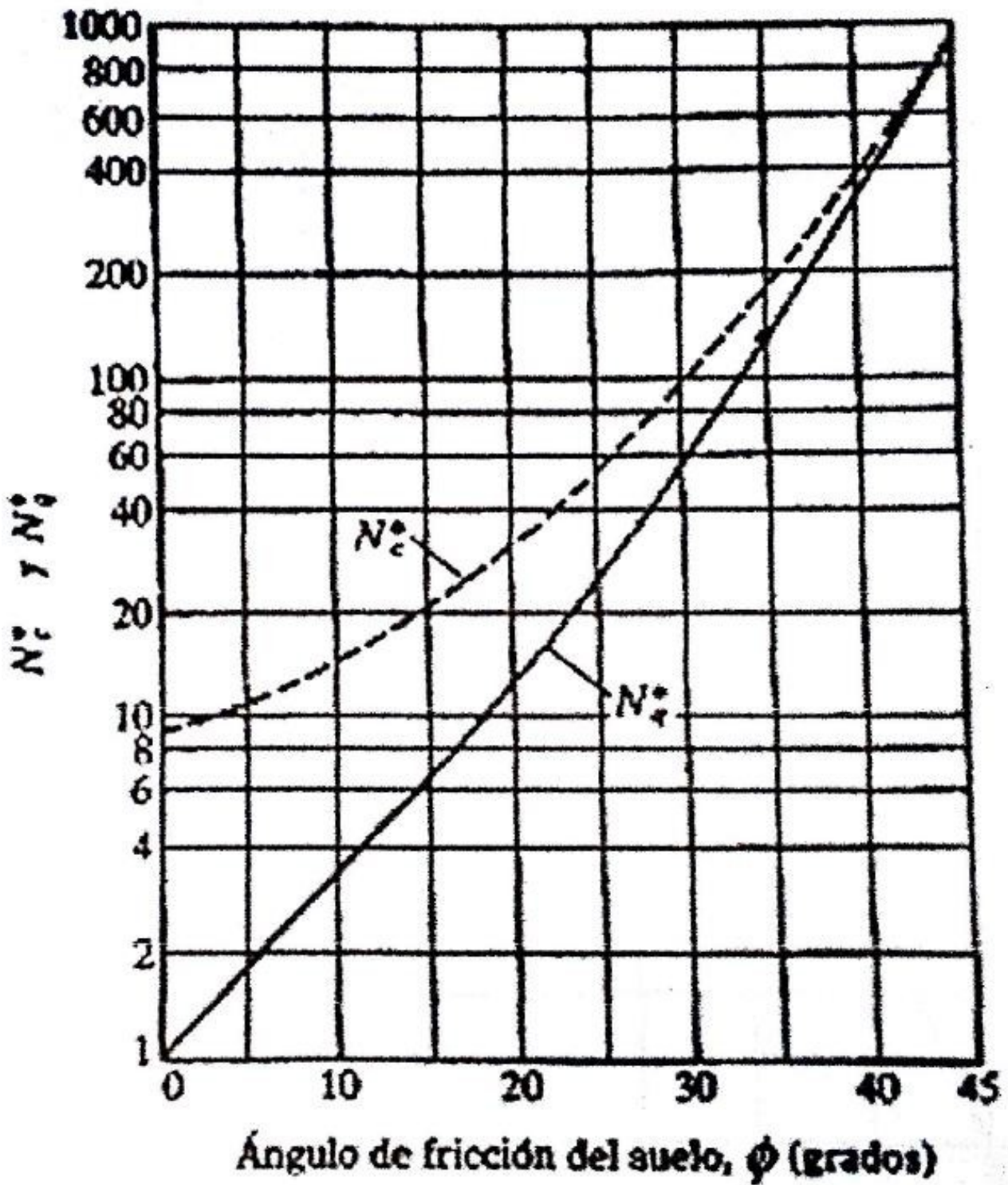


FIGURA #04: calculo para los factores de forma N_q y N_c para PILOTES



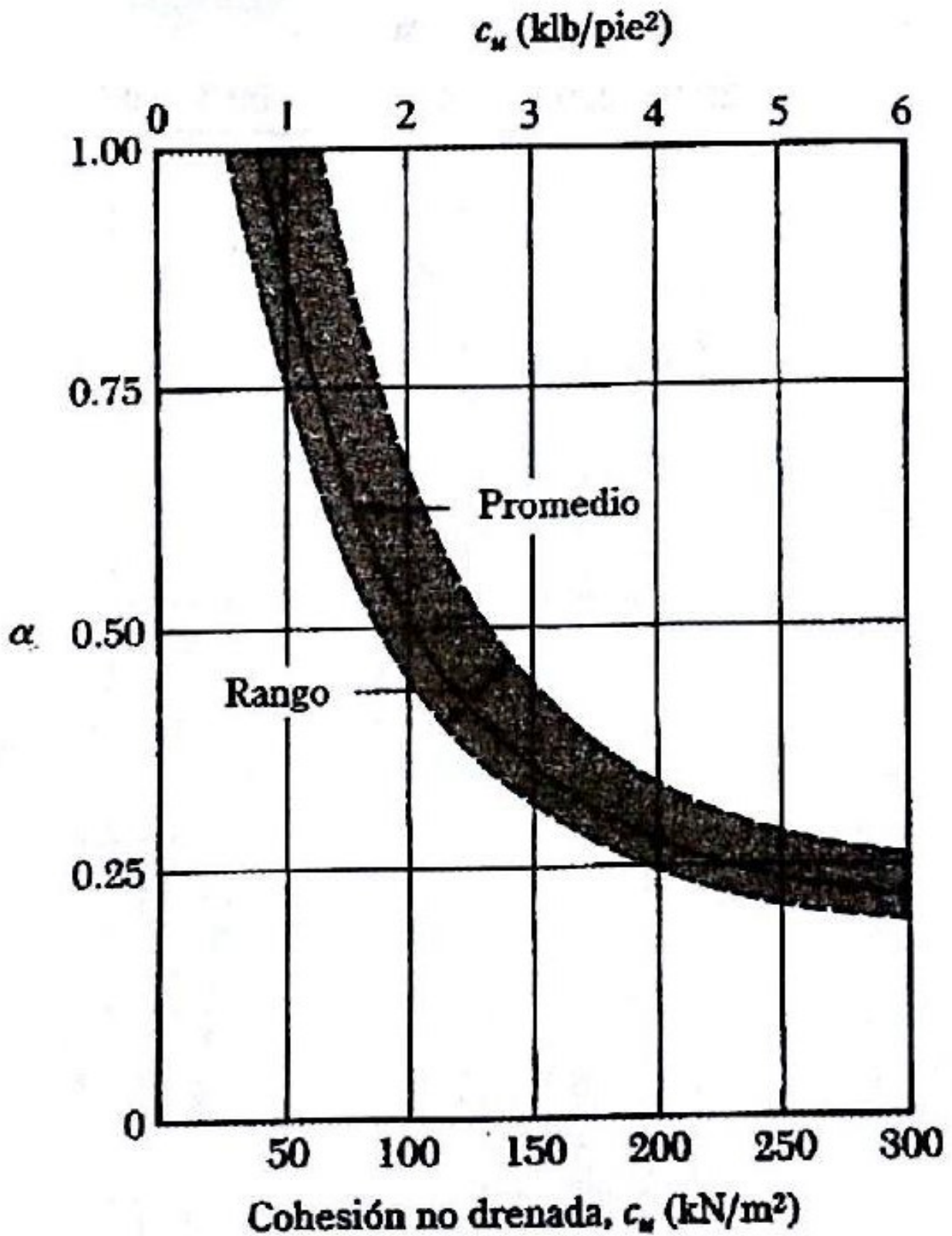


FIGURA #06: tabla de clasificacion de suelos según ASSHTO

Clasificación general	Material granular (35%, o menos pasa el tamiz N° 200)							Materiales limo- arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz: N° 10 (2.00mm) N°40 (0.425mm) N° 200 (0.075mm)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	- 50 máx. 25 máx.	- 51 min 10 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 36 min	- - 36 min	- - 36 min	
Características del material que pasa el tamiz N° 40 (0.425mm): Limite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx.		- NP	40 máx. 10 máx.	41 min 10 máx.	40 máx. 11 min	41 min 11 min	40 máx. 10 máx.	41 min 10 máx.	40 máx. 11 min	41 min 11 min*
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LL-30
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LL-30

Figura #07: clasificacion de suelos gruesos según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas límpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	<p>Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:</p> <p>$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3</p> <p>Limites de Atterberg debajo de la línea A con $IP < 4$.</p> <p>Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.</p>	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS	Arenas límpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	<p>$< 5\% \rightarrow$ GW, GP, SW, SP. $> 12\% \rightarrow$ GM, GC, SM, SC.</p> <p>5 al 12% \rightarrow casos límite que requieren usar doble símbolo.</p> <p>$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 v. 3</p> <p>Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.</p> <p>Limites de Atterberg debajo de la línea A con $IP < 4$.</p> <p>Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.</p>	
			(pocos o sin finos)	SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
			(apreciable cantidad de finos)	SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
			Limos y arcillas:	ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
				CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
		Límite líquido menor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
	Limos y arcillas:	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			
Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200 (4,76 mm)	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (75 mm)	Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Suelos muy orgánicos		

