

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL SUELO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE FUNDACIONES EN OBRAS CIVILES”**

**Realizado por:**

**MARTÍNEZ GUAQUIRE, GLORIA EPIFANÍA  
PEREIRA GUEVARA, YERIMAR JOSEFINA**

**Monografía de Grado presentado ante la Universidad de  
Oriente como Requisito Parcial para optar al Título de:  
INGENIERO CIVIL**

**Barcelona, Abril 2010**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL SUELO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE FUNDACIONES EN OBRAS CIVILES”**

**Realizado por:**

---

MARTÍNEZ G., GLORIA E.

---

PEREIRA G., YERIMAR J.

**Revisado y aprobado por:**

---

PROF. JOSÉ SOSA  
**Asesor Académico**

**Barcelona, Abril 2010**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL SUELO PARA LA  
DETERMINACIÓN DE FUNDACIONES EN OBRAS CIVILES”**

**Jurado calificador:**

---

Prof. Luisa Torres  
**Jurado Principal**

---

Prof. Enrique Montejo  
**Jurado Principal**

**Barcelona, Abril 2010**

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al Artículo 57 del Reglamento de Trabajo de Grado: “Para la aprobación definitiva de los cursos especiales de grado como modalidad de trabajo de grado, será requisito parcial la entrega a un jurado calificador, de una monografía en la cual se profundice en uno o más temas relacionados con el área de concentración”

## DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios Padre celestial por el hecho de darme la vida y poner a mi lado seres tan maravillosos que de una u otra forma con su fortaleza y buenos consejos contribuyeron para lograr con éxito esta meta.

A mi madre Epifanía Guaiquire quien fue mi mayor apoyo, y ejemplo a seguir por ser una mujer luchadora, y me enseñó que no hay que desvanecer ante las adversidades, lastima que hoy no estés físicamente para que compartas conmigo este triunfo, se que estas espiritualmente, gracias por estar aquí..

Meris más que una hermana fue mi amiga, y apoyo incondicional en cada instante; mi panal. Yris quien fue mi segunda madre gracias por tus buenos consejos hermana; mujeres ejemplares, mi orgullo, y ejemplo a seguir. Se que desde el cielo me enviaron las fuerzas necesarias para salir adelante y vencer todos los obstáculos.

Yolanda que siempre estuvo dándome ánimos para seguir en la lucha, y llegar hoy hasta aquí, gracias por ser mi hermana.

Aideth hermana, amiga y compañera que dios te bendiga por ser como eres, te de mucha salud y larga vida para que sigas a mi lado con tus orientaciones.

Mis hermanas Alida, Ana, Elba y Gledys por estar siempre allí en los momentos difíciles brindándome fortaleza y apoyo.

Alfredo, Lisandro, Napoleón, José y Pedro mis hermanos que compartieron momentos malos y buenos, estuvieron allí para darme su voz de aliento para seguir en la lucha.

Danny mi esposo por estar a mi lado en cada ocasión que necesitaba un aliado, por su apoyo, comprensión y confianza.

De manera muy especial a mi Sol, mi motivo de lucha diaria, mi inspiración en cada amanecer; con una sonrisa y mirada impregnada de inocencia sabe como calmar mis angustias y penas llenando mi alma de amor puro y sincero, mi nena Merianny Thais

Gloria Martinez

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a nuestro señor el creador de todo lo existente por haberme llenado de su espíritu y fortaleza para no dejarme vencer por las adversidades.

A mis padres Taide y Aleida por su gran apoyo, paciencia y amor.

A mis hermanos Thaimar, Taide y Leidimar por apoyarme cada día con sus palabras de aliento para que siguiera siempre adelante.

A mi esposo por creer en mi y apoyarme en este camino, y a mis dos grandes tesoros Samuel y Sebastián por ser los pilares fundamentales que me impulsaron a alcanzar esta meta, los amo hijos.

Y en fin a todos mis compañeros y amigos que estuvieron a lo largo de este camino en especial a mis amigas Gloria Martínez y Yolexci Gloster

Yerimar Pereira

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, amigo que nunca falla, por guiar e iluminar mi camino en cada paso que doy, por darme fuerza y voluntad.

A mi Madre por darme la vida y enseñarme los valores de lucha, perseverancia y constancia. Gracias a ti.

A mis hermanas las asuentas (físicamente) y presentes por ser mujeres luchadoras, trabajadoras, siempre con su mano amiga para apoyarme en buenos y malos momentos.

A mis hermanos que en cada instante supieron darme una voz de aliento.

A mis cuñados por formar parte de mi familia y estar allí presente, enseñándome que la lucha es de todos los días con amor y constancia.

A mis cuñadas por ser parte de este logro.

A Víctor Lucero por ser amigo y hermano, gracias cuñi.

A Yerimar Pereira por ser mi compañera, amiga y soportarme todo este tiempo.

A mis compañeros de lucha que juntos recorrimos el camino sin desvanecer ante tantas caídas, lo importante era levantarnos y seguir adelante.

A todas aquellas personas que aportaron su granito de arena y son parte de este logro, es por eso que hoy les doy mis sinceros reconocimientos.

***A todos mil gracias...***

Gloria Martinez

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios mi guía, mi protector y sobre todo mi amigo por haber hecho realidad mi mas grande sueño, por que solo el hizo posible este triunfo.

A mis padres por haber creído en mí y brindarme su apoyo pero sobre todo su amor incondicional, por la confianza que tuvieron en mí, en esta etapa de mi vida por todos sus consejos y las palabras de aliento que me sirvieron de inspiración para llegar a la meta.

A mis abuelos Evais y Margarita, aunque ya Paito no este, le doy las gracias a mis dos viejitos por haber forjado en mi la familia que tengo, por haber hecho de mi padre y de mi tío Jesús los dos grandes hombres y seres humanos que me sirvieron de ejemplo y apoyo en este largo camino.

A todos mis hermanos sin condición alguna, a cada uno de ellos les doy las gracias por formar parte de mi familia y quiero que sepan que los amo a todos por igual.

A mis amigos de la iglesia, al Pastor y sobre todo a José por ser uno de los seres que más confió en mí.

A mi esposo Oswaldo Alcalá por ser una de las personas que más me ayudo a hacer este sueño realidad con su apoyo incondicional a pesar de todas las adversidades que se presentaron, gracias, bendiciones.

Finalmente le dedico este trabajo de grado a todos los seres humanos excepcionales que llegaron a mi vida, que de una u otra forma compartieron

conmigo este largo camino, a mis dos grandes amigas Gloria Martínez y Yolexci Gloster aunque hallamos tenido pequeñas diferencias siempre estuvieron allí brindándome su mano amiga, gracias muchachas.

Yerimar Pereira

## RESUMEN

Estudio Geotécnico es un conjunto de actividades que comprenden la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones para el diseño y construcción de la obra que tenga contacto con el suelo. Una vez con el estudio geotécnico realizado se podrá definir las fundaciones a utilizar de acuerdo al tipo de construcción o proyecto. Fundación es la obra que entra en contacto con el suelo destinado a la carga muerta del edificio y el efecto dinámico de las cargas móviles que actúan sobre ella, viento incluido. La carga hace que el suelo se deforme, se hunda y es exigencia primordial que los asentamientos de las distintas partes de una fundación sean compatibles con la resistencia general de la construcción. El comportamiento del suelo es decisivo en el éxito de la fundación, su ejecución supone la de un movimiento de tierra, de aquí es que es corriente que el examen de los trabajos de excavación, medios de encofrado y achique, vaya ligado al estudio de fundaciones. La elección del tipo de fundaciones depende de múltiples factores, tan íntimamente ligados que no permiten excepción, considerarlos independientemente.

## ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	viii
RESUMEN .....	xii
ÍNDICE .....	xiii
LISTA DE GRÁFICOS .....	xv
LISTA DE CUADROS .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPÍTULO I .....	20
EL PROBLEMA.....	20
1.1 Planteamiento del Problema .....	20
1.2. Objetivos .....	21
1.2.1 Objetivo General.....	21
1.2.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPÍTULO II .....	22
DESARROLLO .....	22
2.1. Estudio Geotécnico .....	22
2.1.1. Concepto de Estudio Geotécnico .....	22
2.1.2 Etapas a Realizar para el Estudio Geotécnico.....	23
2.1.3 Reconocimiento del terreno .....	24
2.1.4 Justificación Técnica.....	26
2.2.1 Fundaciones superficiales o directas:.....	29
2.2.2. Fundaciones Profundas o indirectas.....	33
3.1 Ensayos Mínimos Necesarios .....	39
3.1.1 Ensayos en el terreno .....	39
3.1.2 Ensayos en el Laboratorio .....	43

CAPITULO III ..... 50

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 50

    3.1 Conclusiones ..... 50

    3.2 Recomendaciones ..... 51

BIBLIOGRAFÍA ..... 53

## LISTA DE GRÁFICOS

1. Cuchara de Casagrande y Acanaladores .....	45
2. Tamizadota. Ensayo de Compresión Triaxial o Corte Directo.....	46
3. Ensayo de Compresión Triaxial .....	47
4. Círculo de Mohr .....	48

## LISTA DE TABLAS

Tabla N°1 Tipo de construcción .....	24
Tabla N° 2 Grupo de terreno .....	25
Tabla n° 3 .Ventajas e inconvenientes de los tipos de pilotes.....	36

## INTRODUCCIÓN

Siempre que analicemos un cuerpo en equilibrio dentro del campo gravitatorio veremos la necesidad de la existencia de otros sobre el cual apoyarse. En caso que el cuerpo en equilibrio sea una estructura, la misma se apoyará en el suelo, y entre ambos existirá una zona de transición superestructura- suelo que se denomina fundación o cimentación.

Desde el punto de vista estructural las fundaciones conforman aquella parte de las estructuras que estará encargada de transferir las cargas recibidas hacia el suelo de fundación.

En la cadena de transferencia de cargas, la fundación siempre es el último eslabón y quizá uno de los más importantes, con el inconveniente que en general no se ve y queda enterrada. Esto hace que muchas veces los costos y el esfuerzo que demandan dentro de una obra no sean lo suficientemente valorados.

Siempre que analicemos una estructura en equilibrio estático encontraremos estos tres elementos

1. Estructura superior o superestructura: Es el cuerpo que se quiere apoyar, el que recibe las cargas y las canaliza a través de una serie de elementos estructurales hacia los puntos de apoyo, las fundaciones.
2. Fundaciones o infra-estructura: Es la parte final de la estructura, son los apoyo, elemento que funciona como interfase entre la superestructura y el suelo de fundación, disipando las cargas recibidas.

3. Suelo de fundación: parte del suelo donde se apoya la estructura, es el encargado de recibir y terminar de disipar las cargas que le transfiere la fundación.

El suelo debe estudiarse mediante la Geotecnia, por Ingenieros Especialistas en Mecánica de Suelos y fundaciones. Este estudio nos brindará información muy valiosa al momento de proyectar y calcular la fundación.

Algunos de los puntos salientes que nos brinda la realización de un estudio de suelos son los siguientes

- a) Los parámetros resistentes: Su conocimiento nos permitirá resolver en forma y dimensiones las necesidades fundacionales.
- b) La consistencia: Nos permite prever los métodos y equipos necesarios, para arribar exitosamente, mediante una excavación a la cota requerida.
- c) La homogeneidad: O la falta de ella, conjuntamente con la deformabilidad del mismo nos hacen prever la posibilidad de asentamientos diferenciales y tomar los recaudos estructurales correspondientes.
- d) Nivel de la napa freática: Este aspecto puede cobrar una tremenda importancia económica y constructiva si se encuentra por encima de la cota de fundación. En muchos casos, sobre todo en suelos de tipo granular con altas permeabilidades, aunque las características resistentes permitan pensar en una fundación directa, se opta por cambiar a una tipo indirecta por este condicionante.
- e) Agresividad del suelo: Nos permite prever un adecuado recubrimiento de las armaduras, proyectar hormigones especiales con cementos resistentes a las agresiones y/o la incorporación de adiciones activas.

Contando con las cargas y el estudio geotécnico se está en condiciones de proyectar la fundación que cumpla con las condiciones técnicas y económicas más convenientes.

Dependiendo de las características de la superestructura, del suelo de fundación y de la tecnología disponible en cada periodo histórico se fueron proyectando distintas variantes de fundación y hoy se cuenta con una amplia experiencia acumulada.

Dentro de las variantes disponibles figuran varias clasificaciones, pero una de las utilizadas en nuestro medio, y que resulta sencilla de aprender es la de separar en dos grandes grupos según la forma de transferir las cargas al suelo

- a) Fundaciones superficiales ( o directas), las cargas se transfieren al suelo mediante elementos estructurales apoyados en zonas cercanas a la superficie, el modo de resistir las cargas es por superficie de contacto,
- b) Fundaciones profundas (o indirectas), se producirá una transferencia de carga hacia los mantos mas profundos, las cargas verticales son resistidas mediante la combinación de dos mecanismos, el fuste (superficie lateral del elemento estructural) y la punta.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

El norte de Venezuela es parte del límite entre las placas Caribe y América del Sur. La zona de contacto de estas dos placas tectónicas ha generado un sistema de fallas principales activas del tipo transcurrente dextral a lo largo de un cinturón de aproximadamente 100 Km. definido por los sistemas montañosos de los Andes Venezolanos, La Cordillera Central y Oriental, denominado sistema de fallas de Oca-Ancón-Bocono-San Sebastián-El Pilar, mientras que el Oriente de Venezuela está caracterizado por una zona de subducción que se extiende hasta las Antillas Menores.

En Venezuela, uno de los mayores potenciales de riesgo de pérdidas de vidas humanas y económicas está representado por la actividad sísmica debido a la gran cantidad de población que vive en zonas de alta amenaza sísmica.

Actualmente las construcciones civiles han sufrido deterioro y derrumbes ocasionados por movimientos telúricos debido a la gran cantidad de estructuras y edificaciones construidas en suelos no aptos.

En consecuencia al desinterés de las autoridades venezolanas que otorgan permisología para el desarrollo de edificaciones en sitios inadecuados que generalmente no llevan un estudio de suelo y de la proximidad que pueden tener dichos lugares a los distintos grupos de fallas.

Negligencia que en algunos casos es ignorancia, como lo podemos observar en las construcciones de zonas marginales, en las cuales no se han realizado los estudios correspondientes.

Por lo antes expuesto es notable señalar la importancia del estudio geotécnico, siguiendo las normativas y los ensayos mínimos necesarios, para tener una seguridad razonable a la hora de ejecutar una obra.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Establecer la importancia del estudio del suelo para la determinación de fundaciones en obras civiles

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Enunciar el concepto del Estudio Geotécnico.
2. Señalar las normativas principales establecidas para el estudio de cada tipo de fundaciones.
3. Seleccionar los ensayos mínimos necesarios para el estudio geotécnico.

## **CAPÍTULO II**

### **DESARROLLO**

#### **2.1. Estudio Geotécnico**

##### **2.1.1. Concepto de Estudio Geotécnico**

El Estudio Geotécnico es una de las herramientas principales en la Edificación para garantizar la calidad y la seguridad en la construcción.

Es el conjunto de actividades que comprende las investigaciones del subsuelo, los análisis y las recomendaciones de ingeniería para el diseño y construcción de obras en contacto con el suelo o la roca, de tal forma que se garantice el comportamiento adecuado de la edificación y se protejan las vías aledañas, las instalaciones de servicios públicos, los predios y construcciones vecinas, según M.C Torres Suárez (2002)

Rodríguez Ortiz (1984) señala “El estudio geotécnico se realiza previamente al proyecto de un edificio y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación”

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, dice que “El Estudio Geotécnico es el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno, necesaria para la redacción de un proyecto de construcción”

El resultado de este estudio es establecer unas recomendaciones concretas y suficientemente fiables sobre las características de resistencia y de deformación del suelo, así como una serie de recomendaciones constructivas.

El estudio obligatorio consta principalmente de dos estudios: el sondeo y la calicata.

- Calicata: es el estudio más básico, mide la dureza del terreno utilizando una máquina con una especie de martillo mecánico que va clavando puntales en el suelo y que puede llegar a 10m de profundidad aproximadamente (depende de la dureza del terreno pueden parar antes).
- Sondeo: es el estudio más avanzado, con el que tardan más tiempo, porque a la vez que van clavando los puntales van sacando tubos de tierra de las distintas profundidades. Con esto luego realizan en laboratorio pruebas de dureza, compresión del material y demás estudios.

### **2.1.2 Etapas a Realizar para el Estudio Geotécnico**

El Estudio Geotécnico se lleva a cabo en una secuencia de etapas a saber:

1º.- Obtención y recopilación de la documentación previa que exista, en especial la geotécnica y cartografía geológica; estudio y evaluación.

2º.- Reconocimiento del Terreno.

3º.- Ensayos in situ y de laboratorio para obtener datos sobre las propiedades geotécnicas del terreno en estudio.

4º.- Análisis e interpretación de datos.

5º.- Conclusiones y recomendaciones acordes a los objetivos.

Durante el desarrollo de estas etapas de estudio, se aplican las

condiciones adecuadas en función de los ensayos y las técnicas de reconocimiento y la normativa que le compete.

### 2.1.3 Reconocimiento del terreno

Para la programación del reconocimiento del terreno se deben tener en cuenta todos los datos relevantes de la parcela, tales como los topográficos o urbanísticos, y del edificio tales como alturas, uso, luces, sistema estructural, así como los datos previos de reconocimientos y estudios de la misma parcela o parcelas limítrofes si existen, y los generales de la zona realizados en la base de planeamiento o urbanización.

A efectos del reconocimiento del terreno, la unidad a considerar es el proyecto o el conjunto de edificios de un mismo desarrollo, clasificando la construcción y el terreno según las tablas 1 y 2 respectivamente

**Tabla N°1 Tipo de construcción**

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m <sup>2</sup>
C-1	Construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones de altura máxima entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones de altura máxima entre 11 y 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de, mas de 20 plantas.

**Tabla Nº 2 Grupo de terreno**

<b>Grupo</b>	<b>Descripción</b>
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la practica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados
T-2	Terrenos intermedios. Los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m
T-3	<p>Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se consideran en este grupo los siguientes terrenos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Suelos expansivos</li> <li>b. Suelos colapsables</li> <li>c. Suelos blandos o sueltos</li> <li>d. Terrenos kársticos en yesos o calizas</li> <li>e. Terrenos variables en cuanto a composición y estado</li> <li>f. Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m</li> <li>g. Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos</li> <li>h. Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades</li> <li>i. Terrenos con desnivel superior a 15°</li> <li>j. Suelos residuales</li> <li>k. Terrenos de marismas</li> </ul>

#### 2.1.4 Justificación Técnica

En términos generales puede afirmarse que cualquier obra construida esta soportada por el suelo o roca de la corteza terrestre. También es cierto que el comportamiento de una estructura es función de todos los elementos que intervienen en el análisis. La superestructura, subestructura, cimentación o fundación, principalmente de esta última.

El costo de una fundación rara vez excede de una décima parte del costo total de la estructura; pero de la fundación depende la seguridad de la superestructura, y todo intento por economizar en esta parte de la obra podría poner en peligro la superestructura, aunque ésta haya sido bien proyectada y bien construida.

Un aspecto negativo de una fundación no satisfactoria consiste en que los defectos y las fallas rara vez aparecen inmediatamente, sino que la mayoría de las veces no son apreciables hasta que la obra esta en uso, que es justamente cuando resulta mas costosa la reparación.

Por otra parte, el comportamiento de toda obra apoyada sobre el terreno dependerá en un gran porcentaje de las condiciones de éste y de la forma como hayan sido incorporadas al diseño sus características. El mayor interés se centra en las relaciones esfuerzo-deformación, o sea, cuánto resiste el terreno y qué cantidad de asentamiento producirá en él las cargas de la estructura.

No obstante, en los terrenos se presentan otras condiciones cuya importancia no puede quedar por fuera del contexto de un análisis ingenieril de interacción suelo-estructura: características expansivas, dispersividad,

colapsabilidad, rellenos heterogéneos, depósitos orgánicos, presencia de cavernas, etc. La razón más importante para ejecutar el estudio geotécnico es tener una seguridad razonable para la obra, al menor costo posible, con lo que se evitan contratiempos y demoras durante la construcción.

En ocasiones se inicia una construcción sin un conocimiento previo del suelo, pero durante las excavaciones para los cimientos se detectan condiciones diferentes a las asumidas (rellenos heterogéneos, arenas sueltas) que motivan la interrupción del proyecto.

Para subsanar esta situación se realiza un estudio geotécnico y un rediseño de los cimientos, con lo cual resulta mayor e innecesario el tiempo de ejecución.

Otras veces se construye sobre suelos expansivos, dispersivos, colápsales o en general inestables, sin los requisitos de diseños adecuados. El resultado es el pobre comportamiento de la obra, la cual no cumplirá con la función asignada por los responsables del proyecto.

De lo anterior resulta claro que el estudio geotécnico debe ser un requisito indispensable, sea cual fuere la magnitud del proyecto, especialmente si éste se desarrolla en terrenos con las características mencionadas en el párrafo anterior.

### **Normativas Principales Para Cada Tipo De Fundaciones**

Una fundación, como su nombre lo indica, es el elemento estructural que vincula a nuestra estructura (entiéndase casa, edificio, equipo, etc.) con el suelo o terreno; por esto es que debe ser uno de los elementos

proyectados con mayor cuidado.

Los inconvenientes de realizar una mala fundación se traducen en síntomas que pueden ser observados a simple vista por los usuarios de las estructuras. Las patologías son varias y de distintos tipos, siendo las más comunes fisuras en paredes, pérdidas de verticalidad o inclinación de muros, etc.

Es menester, aunque no sea la práctica habitual, realizar un estudio de suelo por un profesional idóneo, ya que con los resultados de los mismos pueden realizarse fundaciones óptimas, con sus consecuentes ahorros económicos y además evitar algunos problemas que solo pueden ser detectados por estos estudios; como la presencia de arcillas expansivas, etc. Corregir los problemas una vez finalizada la obra es mucho más costoso que realizar correctamente las cosas durante la ejecución de la misma.

Fundación: es la obra en contacto con la tierra, destinada a la transmisión de la carga muerta del edificio y el efecto dinámico de las cargas móviles que actúan sobre él, incluido el viento. La carga hace que el suelo se deforme, se hunda y es exigencia primordial que los asientos de las distintas partes de una fundación sean compatibles con la resistencia general de la construcción.

El comportamiento del suelo es decisivo en el éxito de la fundación. La ejecución de un cimiento supone la de un movimiento de tierra, de aquí que es corriente que el examen de los trabajos de excavación, medios de entibación y achique, vaya indisolublemente ligados al estudio de los cimientos. La elección de un tipo de cimiento depende de múltiples factores, tan íntimamente ligados que no permiten excepción, considerarlos

independientemente. El éxito de una fundación no se relaciona solamente con el comportamiento del terreno en el plano de apoyo.

Las características fisiométricas en ese lugar y en el momento de la obra pueden llegar a ser bien conocidas mediante ensayos de laboratorios, pero está siempre la incógnita de su cambio con el tiempo y la presencia de factores no previstos, capaces de introducir nuevas variantes, en ocasiones indeterminadas, erráticas o aleatorias (la presencia de una piedra grande, por ejemplo, que haya escapado a los sondeos puede romper o desviar un pilote).

Dentro de este tipo de variables, se encuentran las condiciones de las capas subyacentes en profundidad, el propio tamaño del cimiento, la distancia relativa entre basamentos próximos, la presencia de edificios existentes o la posibilidad de futuras construcciones.

Los sistemas de fundación pueden ser agrupados en dos grandes categorías:

1. Fundaciones superficiales o directas
2. Fundaciones profundas o indirectas

### **2.2.1 Fundaciones superficiales o directas:**

Este es el tipo de fundación obligado en las pequeñas edificaciones que solo son capaces de transmitir al suelo cargas bajas y en las que razones de orden económico limitan a porcentajes muy estrictos la incidencia del cimiento sobre el costo total de la obra. La fundación superficial es usada también cuando el proyecto incluye la construcción de sótanos y por ese motivo el fondo queda ya preparada para recibirla.

El tipo más sencillo es la base o zapata aislada, que recibe la carga de una columna o pilar y la lleva a tierra mediante un pequeño ensanchamiento. Esta es la solución más económica.

En las bases superficiales, en forma similar a los elementos estructurales restantes de un edificio, se deben satisfacer las exigencias de resistencia y estabilidad para cualquier combinación de las cargas exteriores actuantes previstas en el cálculo.

Las condiciones básicas que deben reunir estas fundaciones en cuanto a la interacción con el suelo son fundamentalmente dos:

- a) No superar los valores de tensiones admisibles por el suelo para las distintas combinaciones de estados de carga posibles.
- b) Mantener las deformaciones dentro de parámetros admisibles por la superestructura.

La determinación de la forma y dimensiones depende de varios factores:

- a) La magnitud de las cargas de servicio que debe resistir la base.
- b) La calidad del suelo de fundación y sus esfuerzos admisibles.
- c) La profundidad del estrato en el cual apoya la base.
- d) El espacio disponible en planta para colocarla.

En zona sísmica se permite adoptar esfuerzos admisibles incrementados en un 33% para el suelo de fundación, al tomar en cuenta estas cargas en todos los casos, se deben realizar todas las combinaciones posibles de las cargas que actúan directa o indirectamente sobre cada base, y seleccionar el caso más desfavorable. El criterio a aplicar en el análisis es el siguiente:

1. Tomar la combinación de cargas mas desfavorables, excluyendo el sismo y verificar que no se supere en el suelo de fundación el valor del esfuerzo admisible.
2. Tomar las combinaciones de cargas mas desfavorables, incluyendo las del sismo, y verificar que no se supere en el suelo de fundación el valor del esfuerzo admisible incrementado en un 33%.

Dentro de los elementos, mas divulgados podemos mencionar:

- **Bases Aisladas**

Cuando las cargas transferidas por la superestructura son aproximadamente puntuales, bajando a través de columnas y el suelo además de la metodología contractiva lo permiten, se adoptan para las fundaciones bases aisladas (también conocidas como zapatas aisladas) que se disponen una debajo de cada columna .

En la actualidad, la mayoría de las bases que se proyectan y construyen son de concreto armado, sin dejar de mencionar que en edificios de algunos años se pueden encontrar bases armadas de mampostería de ladrillo u otros materiales.

Una base debe proyectarse de modo tal que ante las cargas que recibe no se produzca el hundimiento del suelo, controlando las tensiones de contacto para permanecer lo suficientemente alejado de la rotura del mismo, con un coeficiente de seguridad adecuado (en general de 3) y mantener los asentamientos dentro de valores compatibles con los permitidos por la superestructura.

### - **Bases Combinadas.**

Cuando habiendo efectuado el predimensionado de las bases aisladas nos encontramos que dos o más de ellas se superponen por distintas causas que pueden ser:

- Cargas muy importantes
- Baja capacidad portante del suelo
- Columnas muy próximas entre si
- Combinación de los casos anteriores.

Al proyectar una base de este tipo la pauta principal es hacer coincidir el centro de presiones (lugar de paso de la resultante) con el centro de gravedad de la base, evitando de este modo las excentricidades y momentos flectores inducidos por éstas.

### - **Vigas-Zapatas en Medio Elástico.**

En muchos casos, cuando las características del suelo de fundación y la distribución de columnas lo permite se recurre a un sistema de fundación tipo viga o zapata corrida, que puede recibir una o varias columnas como cargas concentradas y cargas distribuidas de muros.

Los suelos en que se adoptan estos sistemas en general son blandos y de características resistentes bastantes pobres, tensiones admisibles bajas, al menos en los mantos superiores.

### - **Plateas de Fundación.**

Este sistema de fundación puede ser considerado una propuesta válida

cuando el terreno tenga poca capacidad resistente, cuando resulte muy heterogéneo, lo que nos lleva a pensar en la posibilidad de que surjan asentamientos diferenciales o cuando aparezcan subpresiones, en el caso de las napas freáticas se encuentren altas, por encima de la cota de subsuelo, o exista esta posibilidad futura.

Otra pauta concreta que nos puede llevar a pensar en una platea es en aquellos casos en que luego de haber hecho n primer intento con bases la superficie ocupada por las mismas resulte de aproximadamente el 50% del edificio, en cuyo caso seguramente resultará mas económica la platea.

### **2.2.2. Fundaciones Profundas o indirectas**

Cuando los estratos superficiales del suelo de fundación no son lo suficientemente resistentes para soportar las cargas impuestas por las bases directas de la superestructura, se pueden producir:

- Asentamientos locales excesivos e inadmisibles
- Falla del suelo, al superar su capacidad portante.

Para solucionar este problema, se deben buscar estratos profundos más firmes de modo de transmitir a ellos las cargas actuantes, mediante fundaciones indirectas o profundas, las cuales se pueden clasificar en:

- a) Pilotines ( $10 \text{ cm} \leq D \leq 20 \text{ cm}$ )
- b) Pilotes ( $20 \text{ cm} < D \leq 80 \text{ cm}$ )
- c) Pilas ( $80 \text{ cm} < D \leq 220 \text{ cm}$ )

D es el diámetro de su sección transversal

Entre las funciones básicas que cumplen las fundaciones indirectas se

pueden mencionar:

1. Transmitir, trabajando por punta, como una columna, las cargas de la superestructura, hasta un estrato firme del subsuelo.
2. Distribuir cargas concentradas de gran magnitud, por adherencia o fricción, en suelos homogéneos de espesor considerable.
3. Densificar y compactar suelos sueltos sin cohesión, incrementando su resistencia.
4. Resistir cargas horizontales o inclinadas, debidas al viento, sismo o empujes actuando sobre la superestructura.
5. Anclar estructuras, evitando que se inclinen o vuelquen.
6. Controlar los asentamientos, cuando los suelos son compresibles o expansivos.
7. Transmitir las cargas de las estructuras marítimas o fluviales hasta el suelo firme, por debajo del nivel de las aguas.
8. Proteger la cimentación de los daños producidos por la socavación en el lecho de lagos, ríos o mares.
9. Formar pantallas impermeables, colocadas en fila, en contacto entre si, o tablestacas para resistir el empuje lateral de tierras o del agua, actuando como muros de contención opresa temporales.
10. Estabilizar taludes, evitando el deslizamiento de laderas y controlar los movimientos del terreno.
11. Drenar los suelos arcillosos, para consolidarlos e incrementar su capacidad portante.

El análisis y diseño de las fundaciones profundas debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Asegurar la estabilidad y funcionabilidad de las fundaciones durante toda la vida útil de la superestructura.

- Obtener una solución razonablemente económica.
- Lograr una forma sencilla de ejecución, en un plazo lo mas breve posible.

Cuando las condiciones del suelo son tales que es necesario el uso de pilotes, la elección mas adecuada de los mismos involucra tomar en consideración diversos factores, tales como las características del subsuelo, la profundidad necesaria , la magnitud de las cargas impuestas, el espaciamiento, métodos de ejecución, dimensiones, etc.

#### **- Pilotines o Micropilotes**

Los pilotines son pilotes cortos y de pequeño diámetro, conocidos también por estacas o palos raíz, que se usan generalmente para estabilizar taludes o en realce y esfuerzo de edificios que han comenzado a sufrir asentamientos, por estar sustentados en suelos blandos y compresibles.

Los micropilotes 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. Se pueden colocar verticalmente o inclinados.

Usualmente los pilotines se materializan en madera, con secciones de 10 a 15 cm de diámetro y alturas de hasta 10 m, o metálicos, empleando tubos-forma con diámetro no superior a los 20 cm, los cuales se hacen penetrar por rotación o barrenado en el suelo, hasta alcanzar la profundidad necesaria, por debajo de los cimientos de los edificios que deben ser reforzados. La carga admisible usual por micropilotes es de 20 ton.

### - Pilotes

Los pilotes son miembros estructurales de gran esbeltez, con sección transversal circular o poligonal, que penetran en suelos de baja capacidad portante, a fin de transmitir las cargas a niveles más profundos del subsuelo.

La capacidad resistente de un pilote, referida a las cargas que soporta como miembro estructural, depende de la calidad de los materiales usados, el tipo de sollicitación impuesta y las dimensiones de su sección transversal.

Las ventajas e inconvenientes que presentan los diferentes tipos de pilotes se enumeran en la tabla N° 3.

**Tabla nº 3 .Ventajas e inconvenientes de los tipos de pilotes**

TIPOS DE PILOTES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<b><i>Pilotes de madera</i></b>	Fáciles de obtener en zonas boscosas. Económicos. Posibilidad de aserrarlos cuando se alcanza el estrato resistente.	Susceptibles de ser atacados por micro-organismos y putrefacción. Fáciles de partir bajo los golpes de martinets. Dificiles de alargar.
<b><i>Pilotes de acero</i></b>	Fáciles de acortar y alargar soldando nuevos tramos. Resistentes a los golpes de martinets. Gran capacidad de carga.	Difíciles de proteger contra la corrosión. Precio elevado. Las secciones I pueden pandear.

**Tabla nº 3 .Ventajas e inconvenientes de los tipos de pilotes  
(continuación)**

<b>TIPOS DE PILOTES</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
<b><i>Prefabricados de concreto armado</i></b>	Gran durabilidad. Buena capacidad portante. Resistencia a la acción agresiva de suelos con sustancias químicas. No les afecta la fluctuación del nivel freático.	Equipo de hincado costoso. Poco resistente para el acarreo y manipulación. No se les puede alargar.
<b><i>Pilotes de concreto pretensado</i></b>	Fácilmente extensibles a la longitud deseada cuando se construyen con dovelas cortas acopables. Secciones reducidas y livianas, de fácil manejo y transporte. Muy resistente a la corrosión.	Costo elevado. Requieren excavación previa. No se les puede alargar cuando se construyen en una sola pieza en la altura total del pilote.
<b><i>Pilotes vaciados in situ con tubos recuperables o excavados y perforados</i></b>	Se pueden construir de cualquier dimensión y la profundidad deseada. Muy resistentes. No producen grandes vibraciones en los edificios vecinos.	Costo elevado. Necesitan equipos especiales de excavación y colocación en obra. Peligro de sifonamiento.
<b><i>Pilotes vaciados con tubos perdidos</i></b>	De gran resistencia y durabilidad. Fáciles de inspeccionar. Se pueden acortar o alargar cuando sea necesario.	Debe cuidarse que la camisa no sufra pandeo local al ser hincado.

### **- 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, por lo general llevan armadura longitudinal y transversal. Su diámetro varía entre 0,8 y 2,2 mts. Las características de las pilas y sus ventajas se enumeran a continuación:

- Pueden resistir cargas axiales superior a las 500 ton e incluso alcanzan las 1000 ton.
- Su altura promedio es de 35 mts, pudiendo construirse bajo el nivel freático.
- Soportan cargas horizontales e inclinadas, con buena resistencia a flexión.
- Su construcción no afecta a los edificios circundantes, pues no se producen vibraciones por lo cual se pueden ubicar próximas a linderos.
- El lapso de servicio es prácticamente ilimitado, aún en medios agresivos, tal como ocurre con las construcciones costeras, o en pilas de puentes sobre ríos.
- Transfiere las cargas a estratos profundos, lo cual es especialmente ventajoso cuando existe el peligro de socavación por las corrientes fluviales y marítimas, o las mareas.
- Pueden construirse sin cabezales, o con cabezales de reducidas dimensiones.

Las pilas, en forma similar a los pilotes, pueden ser excavados o perforados, t trabajan por punta o fricción lateral. Si las pilas descansan en roca dura, sólo se toma en cuenta su resistencia por punta, como una columna o pilar de grandes dimensiones, despreciándose su resistencia por fricción lateral. Pero cuando el suelo es homogéneo de gran profundidad, la

resistencia a fricción alcanza magnitudes importantes.

Debido a sus grandes dimensiones, las pilas suelen sufrir asentamiento, los cuales suelen controlar el diseño.

### **3.1 Ensayos Mínimos Necesarios**

En toda obra de arquitectura, ya sea viviendas o edificios a menudo es necesario conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo componen en profundidad, y por cierto ubicación de napas de agua (freáticas) , si las hubiere.

De acuerdo a las características de la resistencia y la deformación que tengan se determinan o sugieren los tipos de fundación a emplear, y las cotas probables donde arranquen las mismas en función de las características de los suelos y las tensiones admisibles de los mismos

Si las cimentaciones proyectadas estuvieran sobredimensionadas o a la inversa, si fueran insuficientes para las características del terreno considerado, el estudio de suelos puede prever el ahorro de costos en el primer caso y la previsión de inconvenientes en el segundo. En las obras de mediana envergadura o bien obras de edificios públicos el estudio de suelo es un requisito exigido por los entes Municipales.

#### **3.1.1 Ensayos en el terreno**

- **Sondeos o pozos de profundidad**

Varía en función de las características de la construcción. Se adopta

como mínimo una perforación cada 250 m<sup>2</sup> de superficie de planta de la obra.

Para columnas de carga inferior a 30 ton: 3 m por debajo del nivel de la cimentación (para cimentaciones directas y/o corridas)

Para columnas con carga entre 30 y 100 ton : 5 m por debajo del nivel de la cimentación (cimentaciones directas aisladas que no se interfieran mutuamente dentro de la profundidad activa).

Columnas con carga entre 100 y 200 ton: 10 m por debajo del nivel de cimentación (cimentaciones directas aisladas ó columnas con cargas menores y bases combinadas o cimentaciones que se interfieren mutuamente).

Cimentaciones sobre pilotes: 5 m por debajo de la profundidad a alcanzar con la punta de lo pilotes.

#### - **Ensayo de Placa de Carga**

Se realiza para determinar la tensión admisible (Kg/cm<sup>2</sup>) y coeficiente de Balasto (Kg/cm<sup>3</sup>) aplicando cargas y midiendo desplazamiento sobre las subrasante, subbase, base o capa de rodamiento.

Mediante una placa rígida circular normalizada de 30 cm. x 30 cm. y se aplica tanto en suelos para cimentaciones para caminos o aeropuertos. Las placas de carga sirven para determinar la deformidad y controlar el grado de compactación de los suelos. Así, permiten de una manera rápida comparar los valores de deformación del terreno ensayado con valores considerados como admisibles

Se aplican sucesivas cargas crecientes mediante un gato hidráulico provisto de un manómetro sobre la placa rígida y se van registrando las deformaciones o asientos correspondientes para cada una de las presiones ejercidas. El gato hidráulico actúa mediante un dispositivo de reacción, que

puede estar constituido por la viga-puente (paragolpes) trasera de un camión de peso superior a la reacción esperada. Los asientos se miden en 3 relojes comparadores

El resultado se reproduce en un diagrama Tensión-Desplazamiento cuya tangente es el Módulo de Deformación o de Young 'E'. Dividiendo los valores de E de los ensayos se obtiene el valor de Kv (coeficiente de balasto). Modernamente se han popularizado los equipos portátiles para Ensayos de Placa de Carga Dinámica, que trabajan con la caída de una maza sobre la placa. Estos modernos equipos permiten realizar un sinnúmero de comprobaciones fácilmente transportables

- **Determinación del coeficiente de Balasto o Coeficiente de Reacción Vertical**

Se obtiene mediante el ensayo anterior. Este coeficiente representa la rigidez (representado por los resortes) frente al asentamiento del suelo. Un coeficiente alto de balasto supondrá un suelo rígido sobre el que los asentamientos son menores, y un coeficiente bajo supondrá grandes deformaciones. Conociendo este valor se puede calcular una platea de fundación. También puede ser determinado mediante fórmula (Visic):

$$K_v = E / (B (1 - V_s^2))$$

Donde:

**E:** es el módulo de elasticidad del suelo (Young)  
**Vs:** el coeficiente de Poisson (constante Elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la del estiramiento, similar al módulo de Young)

**B:** el ancho de la cimentación.

**- Ensayo SPT (penetración dinámica Standard)**

Este ensayo se realiza mediante la hincada de un sacamuestras (permite sacar muestras alteradas para su identificación) que determina la resistencia con N número de golpes para penetrar un suelo no alterado con energía (pesa de 69kg y caída Standard Terzaghi de 75cm) para hincar la punta cada 33cm. A mayor número de golpes los suelos serán compactos, duros, muy duros, etc.

Se realiza en el fondo de cada perforación. Cuando los golpes llegan a 50 ó más para penetrar una etapa, entonces se considera rechazo y se adopta ese valor, sino se van sumando los golpes de cada etapa y la profundidad alcanzada.

Es un estudio típico que se realiza para suelos granulares (arenas o gravas arenosas) aunque a veces se realiza para suelos cohesivos. Este ensayo proporciona en el golpeo un dato indicativo de la consistencia de un terreno. Con este ensayo también se obtiene la Tensión Admisible del mismo en las distintas capas.

**- Recuperación de muestras representativas del suelo**

Se identifica y acondiciona en recipientes herméticos para conservar inalteradas sus condiciones naturales de estructura y humedad.

Delimitación de la secuencia y espesor de los diferentes estratos por reconocimiento tacto-visual de los suelos extraídos.

- **Determinación del nivel freático o agua libre subterránea:**

Es el límite superior de las aguas acumuladas en el subsuelo sobre una capa impermeable, que permite también efectuar el análisis químico de las mismas para verificar su grado de agresividad a los hormigones. (Sulfatos, cloruros, PH). Como subsuelo suele definirse a la capa inerte entre el suelo superficial y el lecho rocoso.

### **3.1.2 Ensayos en el Laboratorio**

Los ensayos en laboratorio pueden ser Drenados (prueba) ó No Drenados (prueba). El ensayo drenado es un ensayo lento, se permite al agua de los poros en el interior del molde drenar a través de otra salida en la base de la cámara. El ensayo no drenado es un ensayo rápido en el que no se le permite el drenaje del agua de los poros del suelo, mientras se somete a tensión la muestra.

- **Contenido natural de humedad**

Referido al peso del suelo secado en estufa a 110°

- **Cálculo de la Densidad Aparente:**

Es la densidad de la muestra 'in situ', es decir en el lugar de origen y sobre muestras inalteradas. Para ello primero se pesa la muestra, luego se cubre con una capa de parafina caliente para impermeabilizarla. Luego se vuelve a pesar y la diferencia de peso dividida por la densidad será el Volumen añadido.

La muestra parafinada se pesa en una balanza hidrostática para obtener el volumen total de la muestra. La Densidad Aparente se obtiene

dividiendo el peso obtenido al principio por su Volumen.

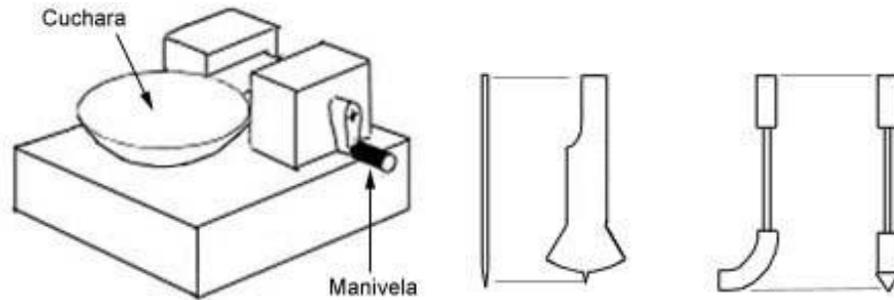
### **Limites de Atterberg**

Límite Líquido e Índice Plástico (suelos finos cohesivos). Se entiende por Limite Líquido, la humedad que tiene un suelo amasado con agua y colocado en una cuchara de Casagrande cuando el surco realizado con un acanalador que divide esta masa en dos mitades se junta a lo largo de su fondo en una distancia de 13mm después de haber dejado caer 25 veces la cuchara desde 10mm de altura a través del giro de una manivela que la levanta y la deja caer sucesivamente.

Es decir es el contenido de humedad (en %) con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia de estado líquido al plástico.

Para calcular el Límite Plástico se usa el resto de la masa usada para calcular el Límite Líquido y con esa se hacen fideos de barro amasados sobre un cristal esmerilado hasta que se agrieten. Luego se colocan en 3 cápsulas para determinar su humedad a través de la media aritmética de las muestras, o sea el Límite de Plasticidad.

El Índice de Plasticidad se obtiene haciendo la resta del Límite Líquido y del Límite Plástico. Con los parámetros de Índice de Plasticidad y Límite Líquido a través de una tabla se confeccionaron las clasificaciones de los suelos por el Sistema Unificado de Casagrande, muy empleados en los informes geotécnicos.



### 1. Cuchara de Casagrande y Acanaladores

#### Clasificación genérica de los Suelos por el Sistema Unificado de Casagrande

**GW**= grava bien graduada, grava arenosa.

**GP**= gravas mal graduadas o discontinuas, grava arenosa.

**GM**= gravas limosas o limo-arenosas.

**GC**= gravas arcillosas o arcillo-arenosas.

**SW**= arenas bien graduadas, arenas gravosas.

**SP**= arenas uniformes o con graduación discontinua, arenas gravosas.

**SM**= arenas limosas, arenas limosas-gravosas.

**SC**= arenas arcillosas, arenas arcillosas-gravosas.

**ML**= limos, arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas. Limos micáceos.

**CL**= arcillas de baja plasticidad, arcillas arenosas o limosas.

**OL**= limos orgánicos y arcillas de baja plasticidad.

**MH**= limos micáceos, limos de diatomeas. Cenizas volcánicas.

**CH**= arcillas muy plásticas, arcillas arenosas.

**OH**= limos orgánicos, arcillas de alta plasticidad.

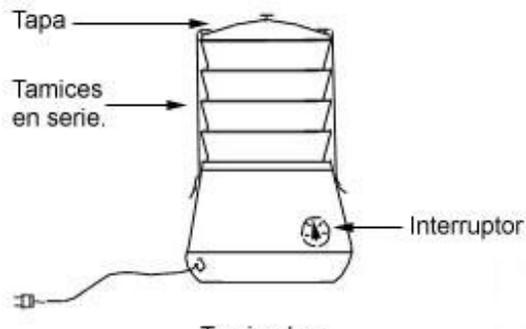
**Pt**= turba, turbas arenosas, turbas arcillosas.

### - Análisis Granulométrico

Tiene como objetivo determinar la proporción de las diferentes granulometrías que presenta el suelo, es decir mediante este análisis sabemos qué cantidad de suelo comprende cada intervalo granulométrico. Se separan los suelos finos y gruesos y se pasan por diferentes tamices dispuestos en serie que hacen pasar suelos de 'x' micrones y retienen los más gruesos.

También se observa la textura a través de la apariencia visual del suelo basada en la composición cualitativa de los tamaños de los granos del suelo.

Se determinan los suelos menores de 74 micrones (limo + arcilla) por lavado sobre tamiz Standard N° 200. Pero también se vuelcan en una gráfica la cantidad de suelo respecto al tamaño de grano en porcentajes. Suelos con curvas similares tendrán un comportamiento granulométrico similar.



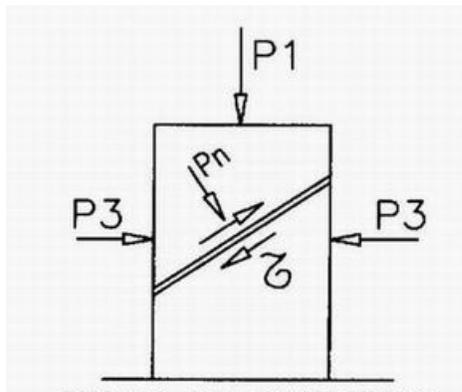
## 2. Tamizadota. Ensayo de Compresión Triaxial o Corte Directo

Realiza la medición de parámetros de corte directo (ángulo de rozamiento interno medido en grados) para suelos granulares (arenas) y cohesión para suelos arcillosos o limosos (en condiciones de drenaje impedido).

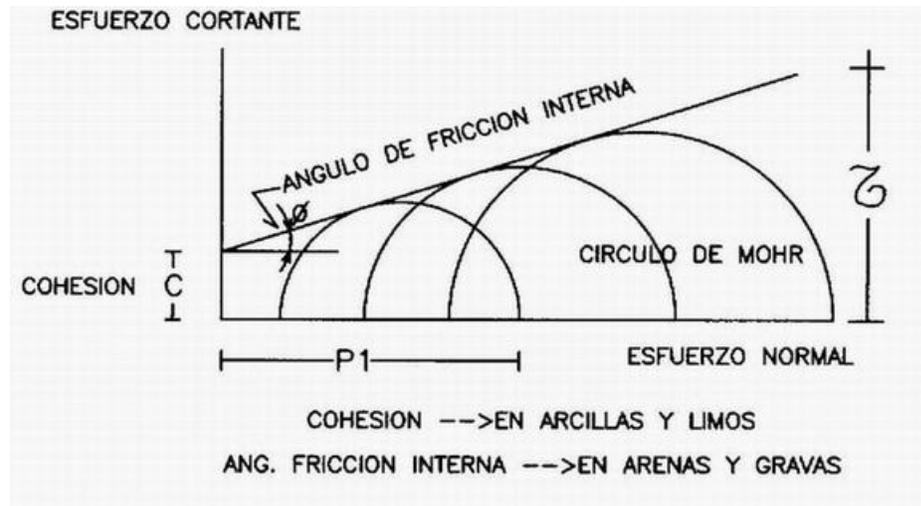
Se desprende que en las arenas no existe la cohesión y en las arcillas no hay ángulo de rozamiento interno. (o sus valores serán muy pequeños)

Se realiza sobre una muestra de suelo en un recipiente cilíndrico en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzado ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal o axial hasta que se produzca la falla.

Realizando al menos 3 pruebas, con presiones laterales diferentes, se vuelcan los resultados en un gráfico donde se dibujan los Círculos de M $\ddot{o}$ hr, donde, como puede verse en la figura, se obtienen los parámetros mencionados.



### 3. Ensayo de Compresión Triaxial



#### 4. Círculo de Mohr

##### - Ensayo Proctor

A veces en una obra es necesario, a través del estudio geotécnico, realizar la mejora de una capa de espesor variable del terreno mediante la sustitución por terreno granular compactado al 95%, por ejemplo, Proctor.ó Proctor Modificado. Esto significa que no todos los terrenos naturales son aptos para una cimentación.

Un terreno granular suelto puede generar asientos elásticos inadmisibles. Un terreno cohesivo muy consolidado puede suceder lo mismo. De allí que se realiza la mejora del suelo a través de la compactación, método económico y conocido (otros métodos más costosos son inyección, congelación, vibroflotación, drenes, estabilización con cal o cenizas, etc.

Es un ensayo para obtener la Humedad Óptima de compactación de un suelo en un molde para una determinada 'energía de compactación'. La Humedad Óptima de compactación es aquella humedad (% de agua) para la cual la Densidad del Suelo es Máxima, es decir qué cantidad de agua, en

forma repetida y progresiva, le debemos agregar a una probeta de suelo en un molde para poderlo compactar lo máximo con una energía concreta, mediante apisonado con una maza en una máquina, mejorando así la uniformidad, compactación, peso específico y resistencia al corte.

Se realizan 4 ensayos de un mismo suelo pero con diferentes humedades de manera que después de haber realizado las compactaciones se obtienen 4 densidades del suelo para 4 humedades diferentes. No son las Humedades Optimas, pero se la calcula mediante interpolación de los 4 valores en una gráfica.

La diferencia entre el ensayo Proctor Normal y el Modificado radica en la energía de compactación utilizada. Por lo tanto, cuando se solicita un suelo compactado al 90% Proctor ó Proctor Modificado significa que la compactación debe obtener una densidad seca de al menos el 90% de la densidad seca máxima obtenida con los correspondientes ensayos.

Estos valores son muy usados en suelos para plateas de fundación, calles o carreteras, y básicamente el objeto es el mejoramiento del suelo a través de la compactación superficial. En la práctica se vierten sobre el terreno natural, en sucesivas capas mediante la adición de agua y se le transmite energía de compactación mediante apisonado con máquinas por rodillos lisos, neumáticos, pata de cabra, vibratorios, etc

## **CAPITULO III**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1 Conclusiones**

Siempre se deben adelantar estudios geotécnicos para construcción de edificaciones dedicadas a vivienda, comercio o industria de cualquier magnitud, obras de movimiento de tierras (excavaciones y terraplenes), estructuras de retención, puentes , viaductos, muelles , presas , estructuras subterráneas, diques, pavimentos, pisos industriales, y en general de cualquier obra que modifique el entorno donde se localice.

El estudio geotécnico puede ser de carácter preliminar o definitivo. En el primero, se trata de evaluar el terreno para determinar la factibilidad ejecutar una obra o conocer sus características geológicas o realizar zonificación de calidad de suelos; el estudio geotécnico a nivel definitivo se ejecuta con fines de diseño y construcción.

La magnitud y contenido del estudio geotécnico depende de la importancia y disposición de la cimentación de la obra, de la complejidad de las condiciones del suelo y de la información existente sobre el comportamiento de cimentaciones en suelos similares.

Los estudios geotécnicos permiten obtener seguridad razonable en conocimientos sobre los siguientes aspectos.

- Determinar la estratigrafía y las características geotécnicas del subsuelo y estimar su comportamiento mecánico bajo las cargas

del proyecto.

- Hacer estimativo sobre el tipo y la magnitud de los asentamientos que ha de experimentar la obra y definir las necesidades para controlarlo.
- Investigar potenciales cambios en las condiciones naturales o particulares, tales como expansión, contracciones, dispersividad, colapsabilidad y de las causas de dichos cambios y sus consecuencias.
- Analizar las alternativas de cimentación factibles, teniendo en consideración la seguridad, variabilidad técnica, proceso constructivo y comportamiento en el tiempo.
- Recomendar los parámetros geotécnicos necesarios para el diseño de obras complementarias, como drenajes, muros de contención, pavimentos, etc.
- Promover las bases para la programación, del presupuesto y la elaboración de especificaciones técnicas y contractuales de construcción.
- El estudio geotécnico, para cualquier obra de ingeniería, representa seguridad, tranquilidad de conciencia, control de calidad, control de ejecución del proyecto, y un porcentaje de economía en el costo de construcción, que en muchos casos, por no generalizar, sobrepasa el valor del programa de estudios.

### **3.2 Recomendaciones**

La mayor parte de las construcciones existentes no cumplen los requisitos mínimos establecidos por las normas vigentes, lo cual las hace tremendamente vulnerables ante tipos de amenazas naturales o inducidas.

Se debe tener presente que los materiales cambian, y probablemente en forma importante, ante los procesos constructivos a que son sometidos y por tanto la determinación de sus propiedades debe tener en cuenta esta situación.

En los casos que se requiera se debería realizar un estudio de respuesta de depósito en el sitio, ya que esto garantiza en mejor forma la asociación de parámetros sísmicos y de comportamiento. Este tipo de practicas debería “popularizarse” en ingeniería geotécnica.

Aunque se reconoce el esfuerzo hecho por las autoridades competentes durante los últimos años por actualizar las normas es todavía incierto el panorama acerca del estudio detallado del subsuelo, dada su complejidad y variabilidad.

Las autoridades competentes deben asumir un papel más decidido y oportuno a la hora de revisar los Estudios y Diseños, y castigar en forma ejemplar a quienes no cumplan la normatividad vigente.

## BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, F. (1999). **El Proyecto de Investigación. Guía para su elaboración**. Caracas: Editorial Episteme.

TORRES S., Mario Camilo. **“Seminario técnico sobre Estudios Geotécnicos”**. Bogotá. 2002-2003.

DELGADO V., Manuel. **“Interacción Suelo-Estructura”** .Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 2002.

RODRÍGUEZ P., Carlos Eduardo. **“Introducción al curso de Dinámica de Suelos”**. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2002.

FRATELLI., Maria Graciela. **“Suelos, Fundaciones y Muros”**

[Issuu.com/sogecan/.../que\\_es\\_est\\_geot.a.lomoschitz](http://Issuu.com/sogecan/.../que_es_est_geot.a.lomoschitz)

[EpsH.unizar.es/~serreta/documentos/geotecnia.pdf](http://EpsH.unizar.es/~serreta/documentos/geotecnia.pdf)

[Ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria.../estudios\\_geotecnicos.pdf](http://Ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria.../estudios_geotecnicos.pdf)

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

<b>TITULO</b>	IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DE FUNDACIONES EN OBRAS CIVILES
<b>SUBTITULO</b>	

### AUTOR (ES):

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CDIGO CULAC / E MAIL</b>
Martínez G., Gloria E.	CVLAC: 13.167.598 E_MAIL: gloriamartinez_0810@tmail.com
Pereira G., Yerimar J.	CVLAC: 14.828.537 E_MAIL: yerimar@live.com

### PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Importancia

Estudio del suelo

Fundaciones

Obras civiles

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO**

ÁREA	SUBÁREA
Escuela De Ingeniería Y Ciencias Aplicadas	Departamento De Ingeniería Civil

**RESUMEN (ABSTRACT):**

Estudio Geotécnico es un conjunto de actividades que comprenden la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones para el diseño y construcción de la obra que tenga contacto con el suelo. Una vez con el estudio geotécnico realizado se podrá definir las fundaciones a utilizar de acuerdo al tipo de construcción o proyecto. Fundación es la obra que entra en contacto con el suelo destinado a la carga muerta del edificio y el efecto dinámico de las cargas móviles que actúan sobre ella, viento incluido. La carga hace que el suelo se deforme, se hunda y es exigencia primordial que los asientos de las distintas partes de una fundación sean compatibles con la resistencia general de la construcción. El comportamiento del suelo es decisivo en el éxito de la fundación , su ejecución supone la de un movimiento de tierra , de aquí es que es corriente que el examen de los trabajos de excavación , medios de encofrado y achique, vaya ligado al estudio de fundaciones. La elección del tipo de fundaciones depende de múltiples factores, tan íntimamente ligados que no permiten excepción, considerarlos independientemente

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMRES</b>	<b>ROL/CÓDIGO CVLAC/ E_MAIL</b>				
Prof. José Sosa	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC	josesosaalvares@hotmail.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Prof. Luisa Torres	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.217.436			
	E_MAIL	luisatorres@gmail.com			
	E_MAIL				
Prof. Enrique Montejo	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.279.503			
	E_MAIL	enriquemontejo@hotmail.com			
	E_MAIL				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

AÑO	MES	DIA
2010	04	30

**LENGUAJE: SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
TESIS. Estudio del suelo.doc	Aplication / msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I  
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v  
w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

ESPACIAL: \_\_\_\_\_(OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_(OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Civil

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pre – Grado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento De Ingeniería Civil

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente – Núcleo de Anzoátegui

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS:**

De acuerdo al Artículo 57 del Reglamento de Trabajo de Grado: “Para la aprobación definitiva de los cursos especiales de grado como modalidad de trabajo de grado, será requisito parcial la entrega a un jurado calificador, de una monografía en la cual se profundice en uno o más temas relacionados con el área de concentración”

Martínez G., Gloria E.

**AUTOR**

Pereira G., Yerimar J.

**AUTOR**

Prof. José Sosa

**TUTOR**

Prof. Luisa Torres

**JURADO**

Prof. Enrique Montejo

**JURADO**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS**