



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de Titulación previa a la obtención del título de
Ingeniero Civil**

**Proceso Constructivo de Cimentaciones para Edificaciones de
Hormigón Armado de hasta cinco pisos en terrenos saturados, en el
Barrio Santa Isabel - Cantón Quito**

AUTOR

Autor: Jorge Eduardo Díaz Loachamín

Tutor: Ing. Byron Morales. MSc

Quito, Agosto de 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Byron Morales. MSc.**, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema “**PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACIONES PARA EDIFICACIONES DE HORMIGÓN ARMADO DE HASTA CINCO PISOS EN TERRENOS SATURADOS EN EL BARRIO SANTA ISABEL – CANTÓN QUITO**” del estudiante **Jorge Eduardo Díaz Loachamín**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, Agosto de 2015

EL TUTOR

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a light blue oval. The signature appears to read 'Byron Morales'.

Ing. Byron Morales MSc.
C.I. 1712565900

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, **Jorge Eduardo Díaz Loachamín**, declaro que el trabajo de investigación denominado: **“PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACIONES PARA EDIFICACIONES DE HORMIGÓN ARMADO DE HASTA CINCO PISOS EN TERRENOS SATURADOS EN EL BARRIO SANTA ISABEL – CANTÓN QUITO”** es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiendo citado las Autores correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, sin restricción de ningún género o especial.

Quito, Agosto de 2015



Jorge Eduardo Díaz Loachamín
C.I. 1713735411

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a mi esposa Lucy, siempre su insistencia, su perseverancia hacia mí, ha logrado que yo consiga un reto importante en mi vida, luego de tanto tiempo de estudio, esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos y hermanas por sus consejos, he visto en ellos la satisfacción de haberme formado profesionalmente.

A las personas que de buena fe, que me dieron sus palabras de aliento para conseguir este enorme reto.

Eduardo

DEDICATORIA

El esfuerzo me lo ha dado Dios, gracias por derramar tus bendiciones sobre mi **SEÑOR**.

Dedicado además para quienes son un pilar fundamental en mi vida, mis hijos: **DALEXIS, ADRY y THIAGO**, sepan que este trabajo lo he realizado pensando en ustedes hijos míos.

Eduardo

INDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	i
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1 El Problema.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivo Específicos	4
1.6 Alcance	4
1.7 Justificación de la Investigación	5
1.8 Impacto de la investigación	5
1.8.1 Impacto Social	5
1.8.2 Impacto Teórico.....	6
1.8.3 Impacto Metodológico.....	6
1.8.4 Impacto Práctico	6
1.9 Viabilidad y factibilidad	7
1.10 Hipótesis o idea a defender.....	7
1.10.1 Hipótesis o idea a defender	7
1.11 Enfoque de la investigación	8

1.12 Factibilidad de la Investigación	8
CAPÍTULO II.....	10
2. EL MARCO REFERENCIAL	10
2.1 MARCO TEORICO	10
2.1.1 Reconocimiento del sitio.....	10
2.1.1.1 Sondeos.....	10
• Pozos a cielo abierto:.....	11
• Sondeos de Penetración Estándar	11
• Sondeos de Muestreo Inalterado.....	12
2.1.2 Propiedades físicas de los suelos.....	12
2.1.2.1 Relaciones peso-volumen.....	13
2.1.2.2 Densidad o compacidad relativa.....	14
2.1.2.3 Granulometría.....	14
2.1.2.4 Plasticidad	16
2.1.3 Clasificación de los suelos.....	18
2.1.4 Medición In situ de las propiedades de los suelos.....	20
2.1.4.1 Prueba de molinete o veleta	21
2.1.4.2 Prueba de Penetración Dinámica	21
2.1.4.3 Prueba de carga con Placa.....	22
2.1.5 Esfuerzo Deformación de los suelos.....	22
2.1.5.1 Características de consolidación de suelo residual	22
2.1.5.2 Rapidez de consolidación	23
2.1.5.3 Cálculo del asentamiento por consolidación.....	24
2.2 Métodos de construcción de cimentaciones.....	26
2.2.1 Entibamiento y apuntamiento en excavaciones poco profundas	26
2.2.2 Entibamiento y apuntalamiento en excavaciones profundas	27
2.2.3 Zanjas y cárcamos.....	27
2.2.4 Pozos punta.....	28
2.2.5 Bombas de pozo profundo.....	29
2.2.6 Drenes de arena	30
2.2.7 Varios métodos de drenaje y estabilización.....	31
2.3 Cimentaciones	31

2.3.1 Cimentación.....	32
2.3.2 Propósitos:.....	32
2.4 Tipos de Cimentaciones.....	32
2.4.1 Cimentaciones superficiales:	33
2.4.1.1 Cimentaciones ciclópeas.	33
2.4.1.2 Zapatas aisladas.....	34
2.4.1.3 Zapatas corridas.	35
2.4.1.4 Zapatas combinadas.	36
2.4.1.5 Vigas de cimentación.....	36
2.4.1.6 Losas de cimentación.	37
2.4.2 Cimentaciones semiprofundas:.....	38
2.4.2.1 Pozos de cimentación o caissons:.....	38
2.4.2.2 Micropilotes:.....	39
2.4.3 Cimentaciones Profundas:.....	39
2.4.3.1 Pilotes:.....	39
2.4.3.2 Pantallas:	40
2.5 Daños producidos por los procesos de construcción	41
2.5.1 Asentamientos ocasionados por las excavaciones.....	41
2.5.2 Asentamientos por abatimiento del agua freática	41
2.5.3 Desplazamiento por hincado de pilotes	42
2.5.4 Relación de influencia de métodos constructivos	43
2.5.4.1 Selección del tipo de cimentación y bases para el proyecto....	44
2.6 Marco Conceptual	45
2.7 Fundamentación legal	50
2.7.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción	50
2.7.2 Entes reguladores.....	50
2.7.3 Otras Normativas.....	51
CAPÍTULO III	52
3. METODOLOGÍA.....	52
3.1 Tipos de investigación.....	53
3.2 Unidad de análisis	53
3.2 Población y Muestra.....	54

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	54
3.4 Operacionalización de variables	55
3.4.1 Variable Independiente	55
3.4.2 Variable Dependiente	56
3.5 Procedimientos de la Investigación para el Proceso Constructivo	57
CAPÍTULO IV.....	59
4. PROPUESTA DE TRABAJO	59
4.1 Identificación del sitio de estudio.....	59
4.1.1 Ubicación Geográfica	59
4.1.2 Topografía y Relieve.....	60
4.1.3 Geología	60
4.1.4 Clima	61
4.1.5 Descripción del Aspecto Socio-Económico y Cultural	61
4.2 Excavación de la cimentación	61
4.2.1 De acuerdo a las dimensiones de la cimentación.....	61
4.2.2 De acuerdo al tipo de suelo	62
4.3 Mejoramiento del suelo	64
4.4 Metodología de abatimiento del nivel freático	66
4.4.1 Abatimiento del nivel freático	66
4.4.2 Relleno de zanjas	68
4.5 Estabilidad del fondo de la excavación	68
4.6 Estabilidad de las paredes de la excavación.....	69
4.6.1 Inclinação de las paredes de la zanja	69
4.6.1.1 Para suelos de tipo A:.....	69
4.6.1.2 Para suelos de tipo B.....	69
4.6.1.3 Para suelos de tipo C	69
4.6.2 Entibados y apuntalamiento	71
4.6.3 Recomendaciones generales de seguridad.....	73
4.7 Drenaje de cimentaciones.....	74
4.7.1 Sistema de drenaje.....	75
4.7.1.1 Un solo canal:	75
4.7.1.2 Dos canales	75

4.7.1.3 Tres canales	76
4.8 Criterios de la selección del material de filtro	83
4.9 Impermeabilización y aislamiento de la humedad	85
4.9.1 impermeabilización del plinto.....	85
4.9.2 Aislamiento de la humedad en Contrapiso	86
4.10 Armado del acero estructural y fundición del plinto	87
4.10.1 Armado del acero estructural.....	87
4.10.2 Fundición del plinto.....	89
4.11 Comparación de costos.....	90
CAPITULO V.....	91
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1 Conclusiones.....	91
5.2 Recomendaciones.....	92
CAPITULO VI.....	94
6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	94
ANEXOS.....	96

Anexos adjuntos:

Anexo 01: Ubicación Geográfica de la zona de estudio

Anexo 02: Datos de la encuesta

Anexo 03: Análisis de precios unitarios

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: Compacidad de los suelos granulares.....	14
CUADRO 2: Límites de Atterberg	17
CUADRO 3: Sistema unificado de clasificación de suelos.....	20
CUADRO 4: Población y muestra	54
CUADRO 5: Operacionalización Variable Independiente	55
CUADRO 6: Operacionalización Variable Dependiente.....	56
CUADRO 7: Plan de procesamiento de la información.....	57
CUADRO 8: Determinación de la altura máxima admisible para taludes	70
CUADRO 9: Elección del tipo de entibación	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Esquema del ensayo de Penetración Estándar.....	12
FIGURA 2: Relaciones entre las fases de un suelo	13
FIGURA 3: Curva granulométrica de un suelo.....	15
FIGURA 4: Carta de plasticidad de Casagrande	18
FIGURA 5: Relación entre límite líquido y el índice de plasticidad	18
FIGURA 6: Geometría de la veleta de campo.....	21
FIGURA 7: Esquema de penetración dinámica	22
FIGURA 8: Esquema de penetración dinámica	24
FIGURA 9: Cálculo del asentamiento unidimensional	24
FIGURA 10: Esquema de un cárcamo protegido con filtro	28
FIGURA 11: Detalle de un pozo punta.....	29
FIGURA 12: Instalación de un pozo punta en varios niveles	29
FIGURA 13: Instalación de un pozo punta para absorción	30
FIGURA 14: Instalación de drenes de arena	30
FIGURA 15: Cimentación ciclópea	33
FIGURA 16: Zapata corrida	35
FIGURA 17: Zapata combinada.....	36
FIGURA 18: Esquema de un pilotaje	39
FIGURA 19: Esquema de una pantalla isostática.....	40
FIGURA 20: Ubicación y linderos	59
FIGURA 21: Esquema de cimentación y mejoramiento.....	65
FIGURA 22: Talud natural de α°	70
FIGURA 23: Esquema de inclinación del talud	71

FIGURA 24: Esquema de entibamiento libre de sobrecarga	72
FIGURA 25: Combinación de talud y entibación.....	73
FIGURA 26: Sistema de drenaje para cimentaciones, propuesto.....	77
FIGURA 27: Detalle de tubería perforada 75mm y 110mm	78
FIGURA 28: Secciones sistema de drenaje en cimentaciones (OPCIÓN 1)	79
FIGURA 29: Secciones sistema de drenaje en cimentaciones (OPCIÓN 2)	80
FIGURA 30: Detalles generales (OPCIÓN 1)	81
FIGURA 31: Detalles generales (OPCIÓN 2)	82
FIGURA 32: Relación de tamaño para la selección de material de filtro	84

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1: Drenaje natural de aguas subterráneas.....	1
FOTOGRAFÍA 2: Fisuras debido a los asentamientos	2
FOTOGRAFÍA 3: Entibado y apuntalamiento de zanjas	26
FOTOGRAFÍA 4: Entibado y apuntalamiento en excavaciones profundas	27
FOTOGRAFÍA 5: Zapata aislada.....	34
FOTOGRAFÍA 6: Vigas de cimentación	36
FOTOGRAFÍA 7: Losa de cimentación	37
FOTOGRAFÍA 8: Pozos de cimentación	38
FOTOGRAFÍA 9: Esquema de una pantalla hiperestática.....	40
FOTOGRAFÍA 10: Excavación de una cimentación a mano.....	63
FOTOGRAFÍA 11: Excavación de una cimentación a máquina.....	63
FOTOGRAFÍA 12: Sellado entre membranas de PVC	85
FOTOGRAFÍA 13: Instalación de membrana PVC y armado del acero estructural	86
FOTOGRAFÍA 14: Instalación de membrana PVC previa fundición de contrapiso	86
FOTOGRAFÍA 15: Armado de parrilla fuera del plinto	88
FOTOGRAFÍA 16: Armado de parrilla en el interior del plinto y colocado de columna....	88
FOTOGRAFÍA 17: Fundición de un plinto con hormigón prefabricado	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Tabla de cantidades y precios (OPCIÓN 1)	90
TABLA 2: Tabla de cantidades y precios (OPCIÓN 2)	90

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 El Problema

El estudio de la presente investigación contempla el Proceso Constructivo de cimentaciones para Edificaciones de hasta cinco pisos en suelos saturados, en el Barrio Santa Isabel de Amaguaña - Parroquia de Amaguaña, Provincia de Pichincha, realizando una investigación relacionada a los métodos tradicionales utilizados en este sector para la construcción de viviendas, ya que el sector está asentado en un terreno donde su contenido de humedad y aguas subterráneas son altas.

FOTOGRAFÍA 1: Drenaje natural de aguas subterráneas



Autor: Eduardo Díaz

1.2 Planteamiento del problema

Actualmente existe en nuestro país una gran demanda de nuevas construcciones, esto ha conllevado a que las personas construyan sus casas sin ningún estudio

previo, siendo el más elemental en cualquier tipo de construcción el estudio de suelos. No todos los suelos son de características similares, se puede encontrar suelos desde muy duros, llamados cangahuas, hasta suelos muy blandos con nivel freático muy alto. Estos últimos son peligrosos si no se cuenta con el respectivo estudio de suelos y peor aún si no se establece un mejoramiento del suelo y abatimiento de nivel freático.

La parte más fundamental de una construcción de vivienda está en la correcta ejecución de la cimentación, por lo tanto, debido al incremento poblacional del sector y a la necesidad de cada familia de construir sus viviendas, es preciso implementar un proceso adecuado para construir cimentaciones, en un lugar donde las aguas subterráneas son imperiosas y la humedad por ascensión es alta.

Es muy frecuente observar en este sector, viviendas que han sido construidas bajo los parámetros mencionados anteriormente, por esta razón se observa a simple vista las falencias constructivas, tales como asentamientos totales y diferenciales, las cuales han ocasionado fisuras en las edificaciones. Probablemente en un futuro estas construcciones se verán comprometidas con ser derrocadas ya que es un peligro eminente para la población, especialmente para las personas que habitan en cada una de ellas.

FOTOGRAFÍA 2: Fisuras debido a los asentamientos



Autor: Eduardo Díaz

1.3 Formulación del problema

Basados en las condiciones del suelo y agua superficial de la zona en estudio y debido a los problemas de las viviendas que han sido construidas bajo estas consideraciones se ha determinado que es necesario el estudio para el proceso constructivo de cimentaciones, además que contribuirá en gran parte a la buena calidad de las construcciones que serán asentadas en este sector.

1.4 Justificación

La presente investigación se considera importante porque permitirá conocer, sobre los procesos constructivos que se utilizan en nuestro medio. En todos los proyectos de cimentaciones, es fundamental disponer de un buen reconocimiento geotécnico. Las causas de las posibles fallas en las cimentaciones profundas pueden tener su origen en los procesos constructivos.

Por lo tanto sería recomendable usar los métodos constructivos adecuados para evitar fallas posteriores en las edificaciones, que pongan en peligro la vida de seres humanos.

La investigación comprenderá elaborar un documento que presente las nuevas teorías y la renovación de los procedimientos constructivos en el cálculo y diseño de cimientos en el Barrio Santa Isabel de la Parroquia de Amaguaña, logrando que estudiantes de ingeniería, profesionales, docentes y proyectistas en la rama, obtengan una guía de procesos constructivos aplicados en cimentaciones.

Al conocer los nuevos procedimientos constructivos en las cimentaciones se obtienen beneficios de índole social y económica, que reduzcan los costos al conocer detalladamente los factores que influyen en el diseño y el tipo de cimiento.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Establecer una metodología de proceso constructivo de cimentaciones en suelos saturados, para viviendas unifamiliares en el Barrio Santa Isabel de Amaguaña.

1.5.2 Objetivo Específicos

- Encontrar la mejor propuesta constructiva en cuanto a su costo y manejabilidad.
- Abatir el nivel freático mediante la creación de zanjas colectoras y tuberías perforadas de diferentes diámetros.
- Beneficiar a la población, mediante un proceso constructivo adecuado, que permita mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
- Determinar el tipo de cimentación que predominará en la zona de estudio.
- Encontrar alternativas dentro del proceso de excavación para mejorar el área del esfuerzo del suelo.
- Determinar las propiedades y características del suelo predominante en la zona de estudio.
- Establecer un proceso constructivo de cimentación en suelos saturados, aplicando metodologías utilizadas en nuestro medio y en otros países.

1.6 Alcance

El alcance del presente estudio engloba una serie de actividades, debido a ello es preciso destacar los alcances de la investigación:

- a. Estudiar las técnicas de mejora para prevenir la ocurrencia de asentamientos.

- b. Determinar la alternativa más viable para el mejoramiento de los suelos saturados.

1.7 Justificación de la Investigación

La puesta en marcha de un plan de mejoramiento de suelos, le permite a los constructores contar con una herramienta para valorar a que riesgos están sometidas las obras motivo del estudio.

Permitirá determinar la probabilidad de ocurrencia de un asentamiento y como implementar un plan de respuesta.

Disponer de medidas preventivas y acciones correctivas, para su implementación posterior a la ocurrencia de un asentamiento identificado.

Minimizar los asentamientos diferenciales y/o totales.

Disponer de una metodología ideal para el mejoramiento de suelos saturados e inestables.

Contribuir a reducir la vulnerabilidad de las edificaciones, que motive a los entes reguladores, en nuestro caso los organismos municipales, establecer conductas y procedimientos seguros para la ejecución de proyectos de obras civiles.

1.8 Impacto de la investigación

1.8.1 Impacto Social

El proceso constructivo de las cimentaciones será de gran beneficio para los profesionales que emprenderán construcciones nuevas en el barrio Santa Isabel de Amaguaña. Podrán contar con una metodología adecuada para la parte inicial

de cualquier proyecto de vivienda, siendo el estudio de suelos y su mejoramiento la parte más fundamental de los proyectos.

De todas formas el gran beneficiado de este estudio es el propietario de cada vivienda ya construida, aplicando esta metodología, por ende se contribuirá al desarrollo adecuado de la población.

1.8.2 Impacto Teórico

Basados en fuentes de información actualizadas, Normas ASHTTO, Especificaciones Técnicas vigentes y con la colaboración de profesionales de este campo, se logrará obtener el proceso constructivo de las cimentaciones adecuadas, considerando que el sector contiene un nivel freático alto.

1.8.3 Impacto Metodológico

Dependiendo de los resultados de los ensayos de campo y laboratorio propuestos además de un criterio técnico del profesional a cargo de los proyectos, se conseguirá construcciones bien asentadas, es decir que no sufrirán asentamientos o posteriores fisuras estructurales.

Establecer un plan metodológico para encontrar el proceso ideal de construcción de cimentaciones será fundamental para un proyecto de calidad.

1.8.4 Impacto Práctico

El presente estudio pretende aportar con una gran información a la población, será de gran ayuda para profesionales de la construcción, encontrarán en este estudio parámetros de diseño fundamentales para el análisis estructural de las viviendas, como es el esfuerzo del suelo del sector así como también conclusiones y recomendaciones constructivas.

1.9 Viabilidad y factibilidad

El Barrio santa Isabel de Amaguaña cuenta con un 60% del total de la superficie que aún no está construida, y la demanda de viviendas es muy alta.

Al existir en la zona terrenos baldíos con nivel freático alto, el interés de la población por construir y desde el punto de vista del beneficio social para la población se determina que el estudio a realizarse es suficientemente viable.

1.10 Hipótesis o idea a defender

1.10.1 Hipótesis o idea a defender

De acuerdo a las exigencias del I. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, basadas en normas de diseño nacionales e internacionales para construcción de edificaciones, tales como NEC, ACI, etc., es primordial realizar un estudio de suelos y basados en estos determinar la mejor propuesta de construcción para su emprendimiento y puesta en marcha.

Considerando que el suelo del sector está acompañado de un nivel freático muy alto, el estudio del mejoramiento de suelos será parte fundamental y quizá el más importante a ser considerado en la construcción de viviendas para prevenir problemas futuros en caso de accidentes naturales como sismos o terremotos.

La excavación mediante medios mecánicos o manuales será el primer paso de este proceso constructivo, manteniendo la seguridad a través de entibados para evitar accidentes de trabajo.

Considerando el tipo de suelo y nivel freático del sector, el abatimiento del agua subterránea será primordial, esto se lo realizará mediante zanjas y drenajes.

Inmediatamente se realizará el proceso de armado y fundación de la zapata. Hay que evitar perder tiempo en la fundación de la estructura, ya que, a pesar de abatir el agua, el nivel de agua seguirá creciendo ocasionando que la relación de agua cemento de nuestro hormigón original varíe y no cumpla con las especificaciones técnicas adecuadas.

1.11 Enfoque de la investigación

Con base en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, vigente, del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, es preciso recalcar que nuestro país está localizado en una zona calificada de alto riesgo sísmico, por lo que se ha llevado a cabo un proceso de actualización de la Normativa Técnica referente a la Seguridad Estructural de las Edificaciones.

El objetivo, según la NEC-SE-GC es determinar nuevas normas de construcción de acuerdo a los avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, definir principios mínimos de diseño y montaje en obra, velar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad, y fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación. Además pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible.

1.12 Factibilidad de la Investigación

La determinación de factibilidad de la investigación, diferenciándola de la factibilidad explícita de la propuesta que derive de ésta, se encuentra basada en varios aspectos, como son:

- La situación actual de un proceso constructivo de cimentaciones en el Ecuador no ha sido desarrollada ni detallada en su totalidad.

- Las normas constructivas, han empezado a dar sus frutos, con respecto a normativas anteriores, las mismas que se aplicaban parcialmente, o no se aplicaban.
- El proceso constructivo de una cimentación es fundamental dentro de un macro proyecto. Anteriormente no existía procesos que definan una correcta ejecución de los trabajos, de ahí la generación de innumerables problemas en cuanto a las cimentaciones.

CAPÍTULO II

2. EL MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 Reconocimiento del sitio

Según el Grupo de Ingeniería Básica y Simulación de la Universidad Politécnica de Madrid – 2010, para que el ingeniero pueda proyectar una cimentación inteligente, debe tener un conocimiento razonable de las propiedades físicas y disposición de los materiales del subsuelo. A las operaciones de campo y de laboratorio necesarias para obtener esta información esencial se les llama exploración del suelo o programa de exploración.

El método que más se adapta a una variedad de condiciones consiste en hacer sondeos en el terreno y extraer muestras para su identificación y, en algunos casos, para hacerles pruebas. Después de que se han conocido mediante sondeos preliminares las características generales de los materiales del subsuelo, puede ser adecuado un programa más extenso de sondeo y muestreo o puede resultar más efectivo investigar la consistencia o la compacidad relativa de las partes más débiles del depósito, por medio de pruebas de penetración u otros métodos directos que no requieren muestreo.

2.1.1.1 Sondeos

El sondeo es una herramienta básica para encontrar las características geotécnicas del suelo y para ello, se han considerado los siguientes tipos de sondeos:

- **Pozos a cielo abierto:**

Este método consiste en hacer una excavación de dimensión tal, que permita que el geólogo o el técnico pueda introducirse en él y poder examinar los distintos estratos del suelo en su estado natural, y así conocer las características que presenta cada estrato en cuanto a la cantidad de agua contenida.

Es preciso determinar la profundidad de la excavación puesto que se pueden presentar derrumbes y no se puede controlar el flujo del agua cuando se pasa el nivel freático.

Cuando se realiza este proceso, se lleva un registro de las condiciones del suelo durante su excavación, por las razones indicadas en el párrafo anterior, el cual debe ser realizado por un técnico. Este registro incluye además una clasificación de los materiales encontrados.

Las muestras alteradas o inalteradas se las trabajará en las paredes de la excavación.

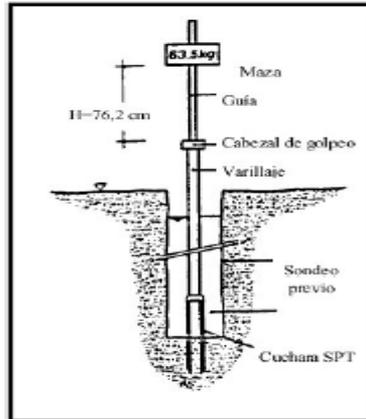
- **Sondeos de Penetración Estándar**

Este método consiste en contar el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara cilíndrica y hueca, lo que nos permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior, empleando un mazo de 63.5Kg a una altura de 76cm.

Luego de la excavación del pozo deberá limpiarse cuidadosamente, ahí se hincará el penetrómetro 15cm y se empezará a contar los golpes para conseguir una penetración de 30cm.

Posteriormente se hincará el penetrómetro 15cm adicionales antes de retirarlo y de remover de su interior la muestra alterada obtenida.

FIGURA 1: Esquema del ensayo de Penetración Estándar



Autor: Ángel Muelas Rodríguez – 2014

- **Sondeos de Muestreo Inalterado**

Estos sondeos se consiguen mediante un tomamuestras abierto de pared gruesa o un tomamuestras de pared delgada a la cual se le denomina Shelby. Para suelos muy sensibles puede utilizarse un tomamuestras de pistón de pared gruesa o delgada.

El tomamuestras de pared gruesa está dotado de un tubo cilíndrico de pared gruesa con una zapata separable, el resto del tubo está conformado por dos generatrices para extraer la muestra una vez tomada. Las muestras para ser enviadas al laboratorio previamente deben ser parafinadas las caras externas para evitar pérdidas de humedad.

2.1.2 Propiedades físicas de los suelos

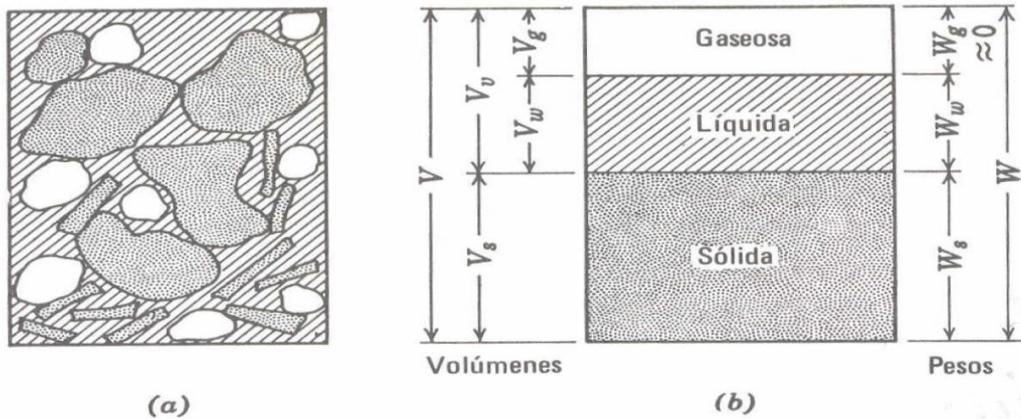
El suelo es un material constituido por partículas sólidas rodeado por espacios libres, generalmente ocupados por agua y aire. En el suelo se distinguen tres fases:

La fase sólida, que está conformada por partículas pequeñas del suelo que incluye la capa sólida.

La fase líquida, que está conformada generalmente por agua.

La fase gaseosa, que está conformada por aire.

FIGURA 2: Relaciones entre las fases de un suelo



Autor: Ángel Muelas Rodríguez – 2014

(V) es el volumen total de la muestra de suelo, (V_s) es el volumen ocupado por las partículas de suelo, (V_w) es el volumen ocupado por la fase líquida (agua), (V_g) es el volumen ocupado por la fase gaseosa (aire), (V_v) es el volumen ocupado por los huecos (fase líquida + fase gaseosa), (W) es el peso total del elemento del suelo, (W_s) es el peso de las partículas del suelo, (W_w) es el peso de la fase líquida (agua), (W_g) es el peso de la fase gaseosa (aire) y es igual a cero.

2.1.2.1 Relaciones peso-volumen

En un estudio de suelos se relaciona el peso de las distintas fases con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto de peso específico, es decir, la relación entre el peso de la sustancia y su propio volumen, y de los pesos por unidad de volumen, basados en la figura anterior, que relacionan los pesos totales de una o más sustancias con los volúmenes totales.

2.1.2.2 Densidad o compacidad relativa

La densidad o compacidad relativa para un suelo granular, según el autor Ángel Muelas Rodríguez está definida de la siguiente manera:

$$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100 = \frac{\gamma_{d,max}}{\gamma_d} \times \frac{\gamma_d - \gamma_{d,min}}{\gamma_{d,max} - \gamma_{d,min}} \times 100$$

(e_{max}) es el Índice de huecos del suelo en el estado más suelto, (e_{min}) es el Índice de huecos del suelo en el estado más denso, (e) es el índice de huecos in situ, (γ_d) es el peso específico seco in situ, ($\gamma_{d,max}$) es el peso específico seco en el estado más denso (e_{min}), ($\gamma_{d,min}$) es el peso específico seco en el estado más suelto (e_{max})

Para indicar las denominaciones de la compacidad de los suelos granulares en relación a su densidad relativa se muestra la siguiente tabla:

CUADRO 1: Compacidad de los suelos granulares

<u>Densidad relativa (%)</u>	<u>Denominación</u>
<u>0-15</u>	<u>Muy suelto</u>
<u>15-35</u>	<u>Suelto</u>
<u>35-65</u>	<u>Medio</u>
<u>65-85</u>	<u>Denso</u>
<u>85-100</u>	<u>Muy denso</u>

Autor: Ángel Muelas Rodríguez – 2014

2.1.2.3 Granulometría

Generalmente los granos del suelo van desde los grandes que son los que se pueden tomar y reconocer fácilmente, hasta los suelos de granos pequeños que no se pueden ver con un microscopio. El análisis granulométrico de un suelo es de mucha ayuda para la construcción de proyectos y en especial para nuestro

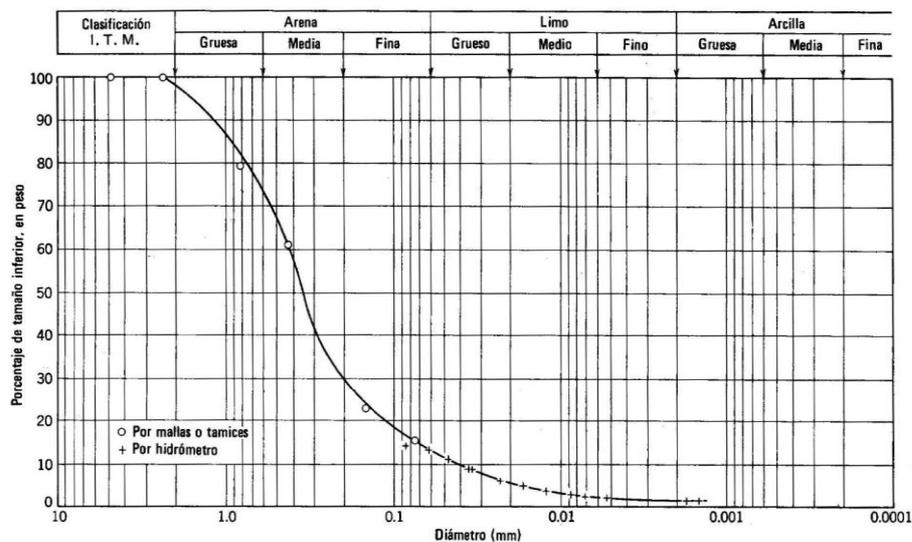
estudio de cimentaciones, ya que con esto se puede conocer la permeabilidad y la cohesión del suelo.

Los análisis granulométricos según el texto de Mecánica de suelos de la Universidad central del Ecuador se realizaron mediante ensayos en el laboratorio con tamices de diferente enumeración, dependiendo de la separación de los cuadros de la malla.

De todas formas los granos que pasen o se queden en el tamiz tienen sus características ya determinadas. Para el ensayo de granos gruesos será muy recomendado el método de tamizado, en cambio cuando se trata de granos finos este no es muy preciso, ya que los granos de suelo no pasan fácilmente por una malla tan fina, por ende para el análisis granulométrico de granos finos será bueno utilizar otro método.

La representación del porcentaje de material que pasa por cada tamiz, determinado, se lo realiza en un gráfico semilogarítmico. La curva granulométrica de las partículas del suelo, según el autor Ángel Muelas Rodríguez se representa en una escala logarítmica (abscisas), y el porcentaje de material que pasa se representa en escala aritmética (ordenadas).

FIGURA 3: Curva granulométrica de un suelo



Autor: LAMBE – 1951

Posteriormente y luego de determinada la curva granulométrica, se encuentran los coeficientes que se utilizan para una mejor descripción de la granulometría de un suelo.

Coeficiente de uniformidad: Determinado por la expresión $C_u = D_{60}/D_{10}$, el cual sirve para medir el grado de distribución del tamaño de las partículas del suelo, es decir, si las partículas son similares en tamaño, D_{60} y D_{10} no variará mucho y el coeficiente C_u será pequeño y se determina que el suelo es uniforme o mal graduado. En cambio si el suelo tiene variedad de tamaños intermedios, D_{60} y D_{10} diferirán sustancialmente y el coeficiente C_u será grande y se determina que el suelo está bien graduado.

Coeficiente de curvatura: Determinado por la expresión: $C_c = D_{30}^2/D_{60}D_{10}$, el cual nos ayuda para la interpretación de cómo está graduado un suelo, obteniendo información sobre el equilibrio entre los diversos tamaños.

2.1.2.4 Plasticidad

La plasticidad de un suelo se lo define como una propiedad que expresa la magnitud de la fuerza de las partículas de agua dentro del suelo ya que a través de estas permiten que el suelo se moldee sin romperse hasta llegar a un determinado punto.

Según Atterberg observó que un incremento en el porcentaje de arcilla produce un aumento en ambos límites de plasticidad en la escala de humedad y por ende un aumento en el número de plasticidad.

Los límites de consistencia o llamados de Atterberg son utilizados para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, estos 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

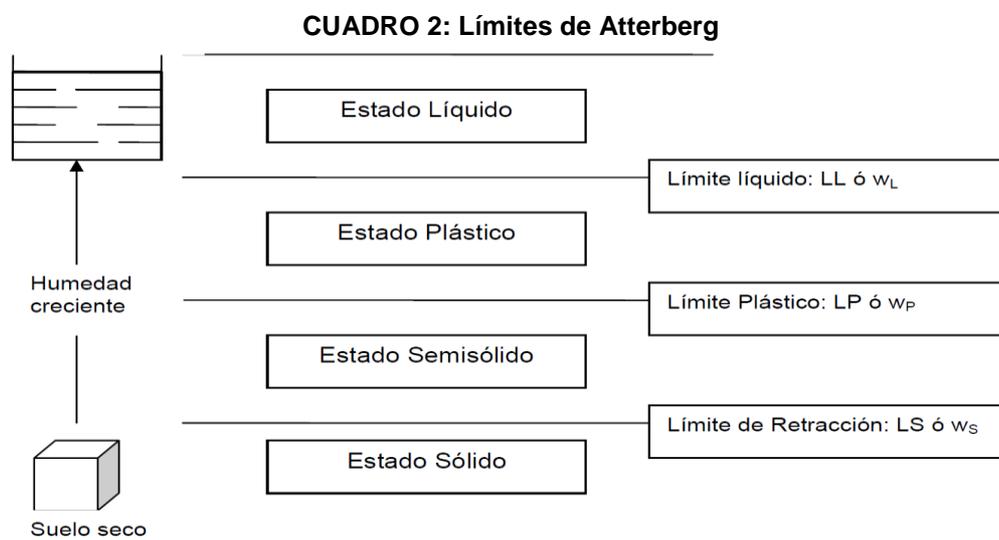
los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Estos ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del suelo y su contenido de humedad.

En la mecánica de suelos se definen tres límites y de acuerdo al manual de mecánica de suelos de la Universidad Central del Ecuador se los define así:

Límite líquido: Es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

Límite plástico: Es cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.

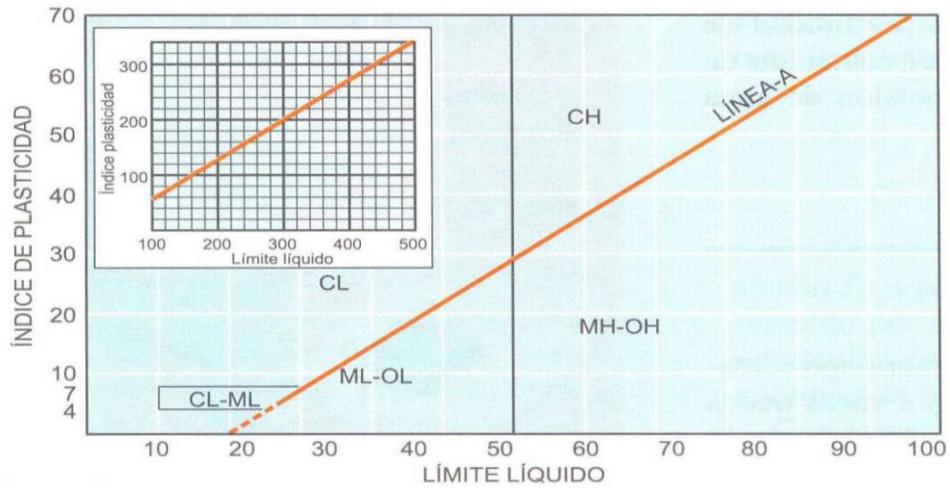
Límite de retracción o contracción: es cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae por pérdida de humedad.



Autor: Ángel Muelas Rodríguez – 2014

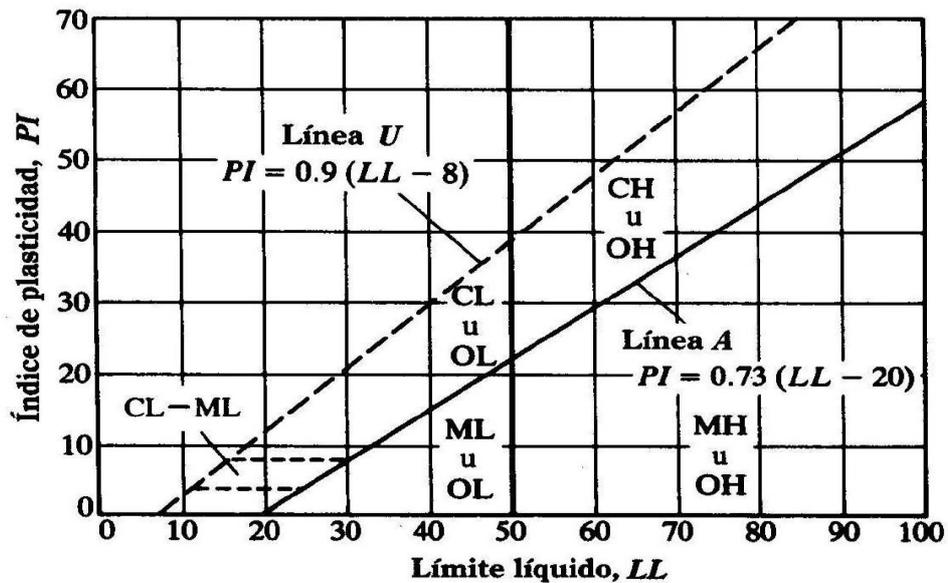
El autor Ángel Muelas Rodríguez señala que con el fin de proporcionar una representación adecuada de la plasticidad de una muestra de suelo se emplea la denominada Carta de plasticidad de Casagrande, indicado en las siguientes figuras.

FIGURA 4: Carta de plasticidad de Casagrande



Autor: Ángel Muelas Rodríguez – 2014

FIGURA 5: Relación entre límite líquido y el índice de plasticidad



Autor: Ángel Muelas Rodríguez – 2014

2.1.3 Clasificación de los suelos

Dentro de la clasificación de los suelos surge la clasificación USCS, que es un sistema muy utilizado en ingeniería y geología en nuestro medio, para determinar la textura y el tamaño de las partículas de un suelo.

El sistema USCS 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).

Los símbolos determinan lo siguiente:

G=grava P=pobrementemente gradado, es decir que GP=Grava pobrementemente gradada.

S=arena W=Bien gradado, es decir que SW=arena bien gradada.

M=limo H=alta plasticidad, es decir que MH=limo con alta plasticidad.

C=arcilla L=baja plasticidad, es decir que CL=arcilla con baja plasticidad.

O=suelo orgánico.

A continuación se muestra dicha clasificación, junto con los símbolos empleados en la misma, así como una descripción de las propiedades esperables de los grupos diferenciados.

CUADRO 3: Sistema unificado de clasificación de suelos

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm y basando las fracciones en pesos estimados)				Simbolo del grupo	Nombres típicos		
Suelos de grano grueso-Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N.º 200	Gravas-más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz N.º 4	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos		
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos		
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)	GM	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo		
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)	GC	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla		
	Arenas-más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N.º 4	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos		
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos		
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas		
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)	SC	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas		
		Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz N.º 40					
		Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz N.º 200 (La abertura del tamiz N.º 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia)	
Nula a ligera	Rápida a lenta				Nula	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad
Media a alta	Nula a muy lenta				Media	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
Ligera a media	Lenta			Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50	Resistencia en estado seco (a la disgregación)		Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos
			Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
			Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta
Suelos altamente orgánicos			Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

Los suelos que poseen características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. P. ej., **GW-GC**, mezcla bien graduada de arena y grava. Todos los tamaños de tamices se refieren al U.S. Standard.

Autor: LAMBE Y WHITMAN-1981

2.1.4 Medición In situ de las propiedades de los suelos

La medición in situ se realizará únicamente en el caso de no poder obtener muestras inalteradas o representativas.

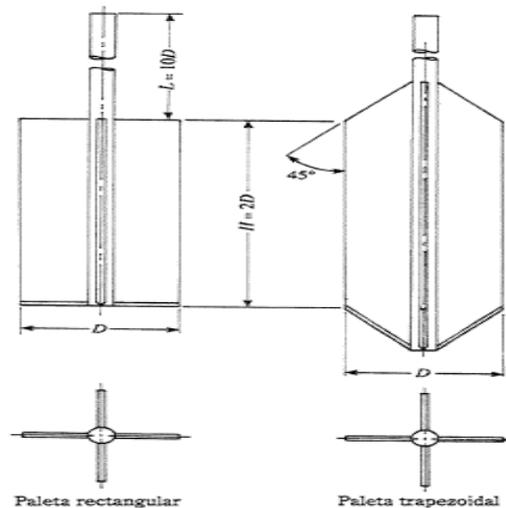
2.1.4.1 Prueba de molinete o veleta

Es un ensayo realizado "in situ" para realizar un reconocimiento geotécnico del terreno. Se utiliza para la medida de la resistencia al corte sin drenaje de arcillas en profundidad. En nuestro medio este ensayo es poco utilizado.

Para este ensayo se introduce una varilla que lleva en su extremo un molinete con cuatro aspas. Al llegar a la profundidad deseada, se hace girar el molinete hasta producir la rotura del suelo.

De acuerdo con la norma ASTM, las condiciones de carga no permiten la determinación de la deformabilidad del suelo. Únicamente se puede obtener la resistencia al corte sin drenaje suponiendo que la rotura se produce según una superficie cilíndrica que envuelve las aspas.

FIGURA 6: Geometría de la veleta de campo



Autor: ASTM-1999

2.1.4.2 Prueba de Penetración Dinámica

Según el autor Ángel Muelas Rodríguez, esta prueba consiste en hincar un elemento con punta generalmente cónica en el terreno, desde su superficie hasta la profundidad deseada, midiendo la energía que se necesita para profundizar

intervalos de longitud definida, siendo esta energía el número de impactos de una maza que se eleva a una altura determinada y se deja caer libremente.

FIGURA 7: Esquema de penetración dinámica



Autor: Ángel Muelas Rodríguez – 2014

2.1.4.3 Prueba de carga con Placa

Sobre la superficie del terreno se coloca una placa rígida para aplicar una carga sobre ella, y medir los asientos producidos, hasta llegar a la condición límite de rotura de la muestra, es decir donde termina el ensayo, de no fallar, se toma los valores máximos a los cuales se asignan a los suelos no friccionantes.

Las normativas utilizadas actualmente para la realización de estos ensayos son las UNE 103808:2006, UNE 103807:2008 y ASTM E2835-11.

2.1.5 Esfuerzo Deformación de los suelos

2.1.5.1 Características de consolidación de suelo residual

Según Braja M. Das (1999), cuarta edición, cuando las rocas duras como el granito y el gneis sufren intemperismo, la mayor parte de los materiales tienden a permanecer en ese sitio.

Esos depósitos de suelo tienen generalmente una capa superior de material arcilloso o de arcilla limosa debajo de la cual se encuentran capas de suelo limoso y/o arenoso. Debajo se encuentran generalmente una capa de roca parcialmente intemperizada y luego una de roca sana.

La profundidad de la roca sana puede variar ampliamente, aun dentro de una distancia de unos pocos metros.

2.1.5.2 Rapidez de consolidación

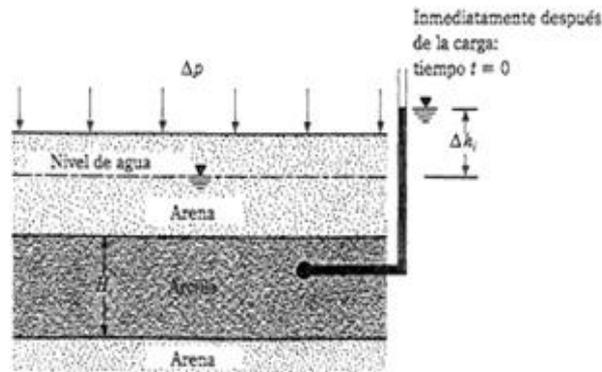
Las arcillas son tan impermeables que el agua está casi prisionera en los poros. Cuando se incrementa un incremento de carga, el agua intersticial no puede escapar inmediatamente. Como las partículas de arcilla tienden a juntarse entre sí se desarrolla presión en el agua de los poros, de la misma manera que se produce en el aceite que llena un gato hidráulico, cuando se le coloca un peso en el pistón. Esta presión tiende a expulsar el líquido.

Al principio el líquido sale con rapidez, pero al continuar el proceso, la presión disminuye y la velocidad de salida del agua también lo hace. Al obligarse a salir el agua de la muestra, las partículas del suelo pueden aproximarse más entre sí. Por lo tanto, la superficie de la probeta sufre un asentamiento. El asentamiento que era rápido al principio, disminuye hasta ser muy lento. (Ralph B. Peck, Walter E. Hanson y Thomas H. Thornburn).

En el caso de la construcción de una cimentación, según Braja M. Das (1999), cuarta edición, la presión de poro del agua se incrementará.

Debido a que la permeabilidad hidráulica de las arcillas es muy pequeña, se requerirá algún tiempo para que el exceso de presión de poro del agua se disipe y el incremento del esfuerzo se transfiera gradualmente a la estructura del suelo.

FIGURA 8: Esquema de penetración dinámica



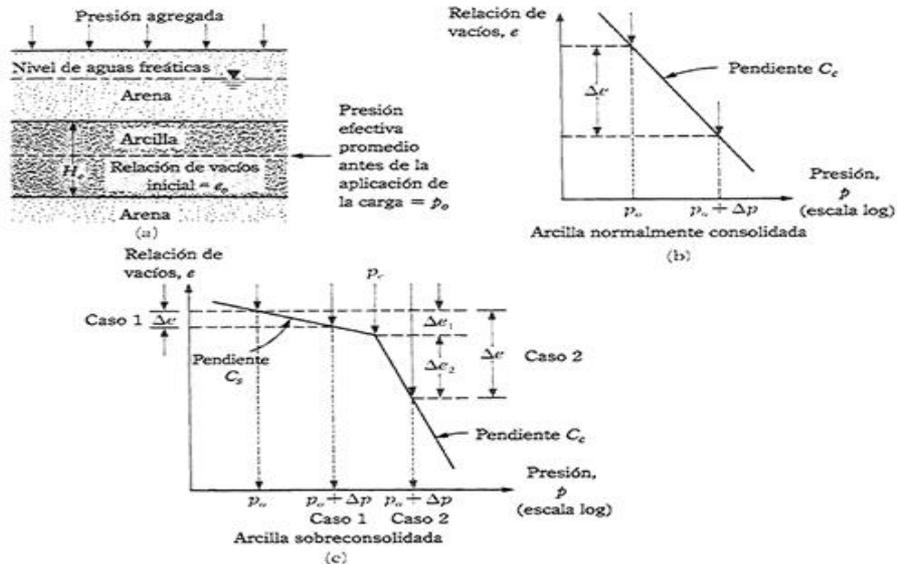
Autor: BRAJA M. DAS-1999

2.1.5.3 Cálculo del asentamiento por consolidación

De acuerdo con Braja M. Das, el asentamiento unidimensional por consolidación (causado por una carga adicional) de una capa de arcilla con espesor H_c , puede calcularse como:

$$S = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H_c \quad (1)$$

FIGURA 9: Cálculo del asentamiento unidimensional



donde S = asentamiento
 Δe = cambio total de la relación de vacíos causada por la aplicación de carga adicional
 e_0 = relación de vacíos de la arcilla antes de la aplicación de la carga

Note que

$$\frac{\Delta e}{1 + e_0} = \epsilon_v = \text{deformación unitaria vertical}$$

Autor: BRAJA M. DAS-1999

Para arcilla normalmente consolidada, la curva de campo $e-\log p$ tendrá la forma mostrada en la figura (b). Si p_o = presión de sobrecarga efectiva promedio inicial sobre el estrato de arcilla y Δp = incremento promedio de presión sobre el estrato de arcilla, causado por la carga agregada, el cambio de la relación de vacíos provocada por el incremento de carga es:

$$\Delta e = C_c \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad (2)$$

Ahora combinamos las ecuaciones (1) y (2) y tenemos:

$$S = \frac{C_c H_c}{1 + e_e} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad (3)$$

Para arcilla sobreconsolidada, la curva de campo $e-\log p$ se verá como la mostrada en la figura (c). En este caso, dependiendo del valor de Δp pueden presentarse dos condiciones. Primera, si $P_o + \Delta p < P_{c1}$

$$\Delta e = C_s \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad (4)$$

Combinando las ecuaciones (2) y (4) resulta:

$$S = \frac{H_c C_s}{1 + e_0} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad (5)$$

Segunda, si $P_o < P_c < P_o + \Delta p$,

$$\Delta e = \Delta e_1 + \Delta e_2 = C_s \log \frac{P_c}{P_o} + \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad (6)$$

Ahora combinando las ecuaciones (1) y (6) se obtiene

$$S = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \frac{P_c}{P_o} + \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{P_o + \Delta p}{P_c} \quad (7)$$

2.2 Métodos de construcción de cimentaciones

2.2.1 Entibamiento y apuntalamiento en excavaciones poco profundas

Basados en el texto de Metodología Constructiva de la EPMAPS-2008, se señala que: generalmente en nuestro medio lo más utilizado para apuntalar excavaciones poco profundas tales como zanjas, pozos para alcantarillado, cimentaciones para edificios, son las tablas o tabloncillos de eucalipto y puntales.

En cualquiera de estos casos los tabloncillos se ubican de manera vertical en las paredes de la excavación las cuales son soportadas por los puntales.

Dependiendo del tipo de suelo es conveniente colocar estos elementos a cada 1.00m separados entre sí, de modo que tengamos un área de trabajo suficientemente confiable y evitar percances en cualquiera de las obras ingenieriles.

FOTOGRAFÍA 3: Entibado y apuntalamiento de zanjas



Autor: EPMAPS-2011

2.2.2 Entibamiento y apuntalamiento en excavaciones profundas

Al igual que el caso anterior el texto de Metodología Constructiva de la EPMAPS-2008 señala que: cuando la profundidad de la excavación es mayor a 6m, el uso de tablas y puntales también resulta funcional.

Sin embargo, a diferencia del caso anterior las tablas o rieles de eucalipto se las ubica una a continuación de la otra de manera vertical y apuntaladas con cuartones de espesores que varían entre 8x8cm hasta 10x10cm colocados en forma horizontal, en la parte superior e inferior de las tablas o rieles.

De esta forma se obtiene una mayor área de contacto en las paredes de la excavación.

FOTOGRAFÍA 4: Entibado y apuntalamiento en excavaciones profundas



Autor: EPMAPS-2008

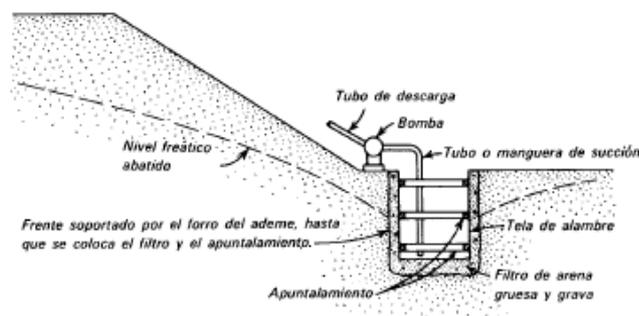
2.2.3 Zanjas y cárcamos

Tal como lo menciona Ralph B. Peck-Walter E. Hanson-Thomas H. Thornburn (Ingeniería de Cimentaciones), donde el espacio lo permita, pueden usarse zanjas para abatir el nivel del agua freática en arena o en otros materiales que se han hecho permeables por grietas o juntas. En arenas limosas o finas, los taludes

laterales ordinariamente deben ser relativamente tendidos debido a las presiones de filtración que produce el agua que penetra.

Las zanjas pueden ser construidas manualmente o si el nivel freático es alto se utiliza maquinaria para que el abatimiento sea más rápido y efectivo.

FIGURA 10: Esquema de un cárcamo protegido con filtro



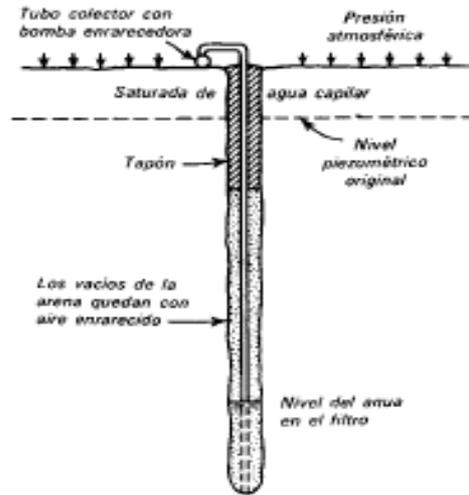
Autor: PECK-HANSON-THORNBURN

2.2.4 Pozos punta

Son poco utilizadas en nuestro medio, sin embargo cuando se han recurrido a estos han sido de gran utilidad. Son tubos perforados de 1.00m de longitud aproximadamente y 38mm de diámetro que se colocan en el terreno verticalmente para abatir el agua freática.

Pueden ir colocados en distancias de 0.50m a 1.00m, todo dependerá del nivel de abatimiento que deseemos obtener. Estos a su vez se recogen en tubo de diámetro mayor 20cm o 25cm, llamado tubo colector para que este a su vez conduzca el agua extraída hacia una descarga natural. (Tomado de: Apuntes de Construcciones civiles de la EPN-2003).

FIGURA 13: Instalación de un pozo punta para absorción



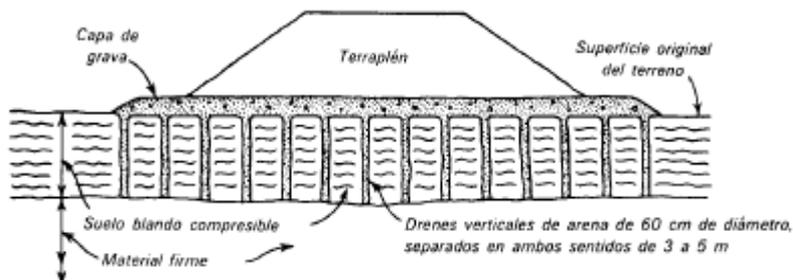
Autor: PECK-HANSON-THORNBURN

2.2.6 Drenes de arena

Al igual que el caso anterior, Ralph B. Peck-Walter E. Hanson-Thomas H. Thornburn (Ingeniería de Cimentaciones), mencionan que en muchos casos, es necesario construir una estructura o un terraplén sobre suelos finos con pequeña resistencia al esfuerzo cortante. La resistencia inicial de los suelos puede ser demasiado baja para que soporte el peso de la estructura sin fallar.

Sin embargo, si los suelos débiles pueden drenarse con la suficiente rapidez como para permitir la consolidación casi al mismo tiempo que se aplica la carga, la resistencia del material puede aumentar lo suficiente para permitir una construcción segura.

FIGURA 14: Instalación de drenes de arena



Autor: PECK-HANSON-THORNBURN

2.2.7 Varios métodos de drenaje y estabilización

Según la Comisión Nacional del Agua del INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (2007), en algunos suelos gruesos, como las gravas, se ha preferido utilizar inyecciones de ciertas mezclas de materiales para controlar el agua en una excavación. Algunas de estas mezclas son:

- Mezcla de bentonita y cemento Portland.
- Gel de sílice.
- AM-9 o similares (productos comerciales que tienen una viscosidad similar a la del agua, que les permite penetrar exitosamente en suelos arenosos finos).

Para que las mezclas funcionen correctamente, los vacíos del suelo deben ser lo suficientemente grandes para que la mezcla sea introducida con facilidad y se obtenga un muro más o menos continuo.

Otro método que puede ser empleado para controlar el agua subterránea es el congelamiento de una zona del suelo alrededor del área a ser excavada.

Sin embargo, este es un procedimiento costoso y que requiere una instalación y diseño experto.

2.3 Cimentaciones

El autor Marcelo Proaño Romo, Temas de Hormigón Armado, ESPE-2002, define y clasifica a las cimentaciones de la siguiente manera:

2.3.1 Cimentación

La cimentación es el conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados.

La cimentación es importante porque es el grupo de elementos que soportan a la superestructura.

2.3.2 Propósitos:

- Ser suficientemente resistentes para no romper por cortante.
- Soportar esfuerzos de flexión que produce el terreno, para lo cual se dispondrán armaduras en su cara inferior, que absorberán las tracciones.
- Acomodarse a posibles movimientos del terreno.
- Soportar las agresiones del terreno y del agua y su presión, si la hay.

2.4 Tipos de Cimentaciones

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de las características mecánicas del terreno, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes.

A partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro diferente de cimentación. Siempre que es posible se emplean cimentaciones superficiales, ya que son el tipo de cimentación menos costoso y más simple de ejecutar.

Cuando por problemas con la capacidad portante o la homogeneidad del mismo no es posible usar cimentación superficial se valoran otros tipos de cimentaciones.

Hay dos tipos fundamentales de cimentación: superficiales y profundas.

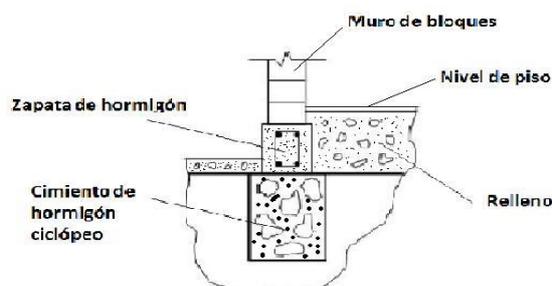
2.4.1 Cimentaciones superficiales:

Las cimentaciones superficiales son utilizadas en casos donde la capacidad portante del suelo sea confiable para soportar cargas de viviendas máximas de un piso o de construcciones de nivel secundario. En esta cimentación, la carga se reparte en un plano de apoyo horizontal para prevenir asentamientos.

Una cimentación superficial se considera cuando la profundidad esta entre 0,50m. y 4.00m 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, deformaciones o fisuras evidentes en paredes.

2.4.1.1 Cimentaciones ciclópeas.

FIGURA 15: Cimentación ciclópea



Autor: www.ecured.cu

Se utiliza en terrenos cohesivos donde la excavación de la zanja para esta cimentación se pueda hacer sin dificultad y sin desprendimientos de tierra. El relleno se lo realiza con hormigón ciclópeo por ser sencillo y económico.

La construcción consiste en ir vaciando dentro de la zanja piedras de diferentes tamaños al tiempo que se vierte la mezcla de hormigón en proporción 1:3:5.

El hormigón ciclópeo deberá estar constituido por: 60% piedra bola y 40% hormigón simple con una resistencia de 210Kg/cm²

2.4.1.2 Zapatas aisladas

FOTOGRAFÍA 5: Zapata aislada



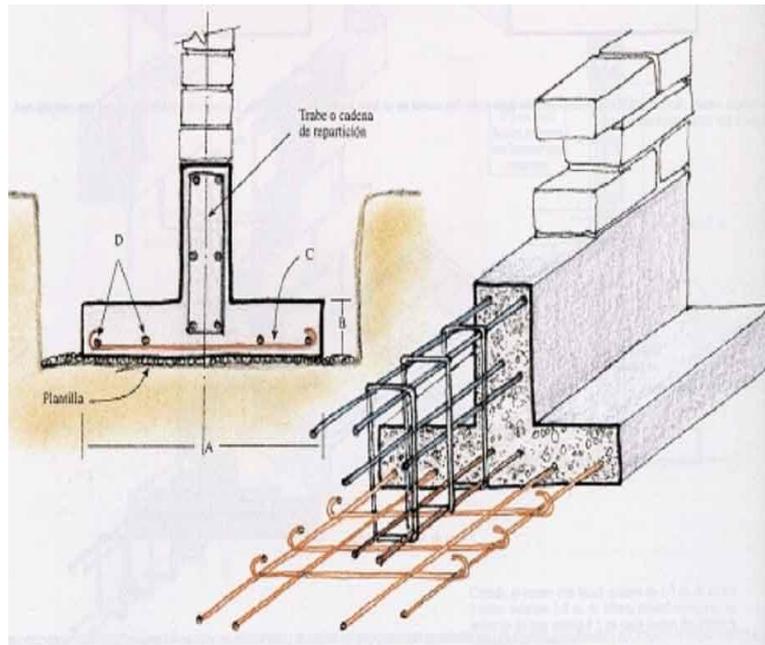
Autor: Eduardo Díaz

La zapata o plinto aislado es muy común en las construcciones de viviendas unifamiliares de hasta cinco pisos, la finalidad de esta es ampliar la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte las cargas de la estructura que le transmiten.

En esta zapata se asienta únicamente una columna, por esta razón se la conoce como zapata aislada.

2.4.1.3 Zapatas corridas.

FIGURA 16: Zapata corrida



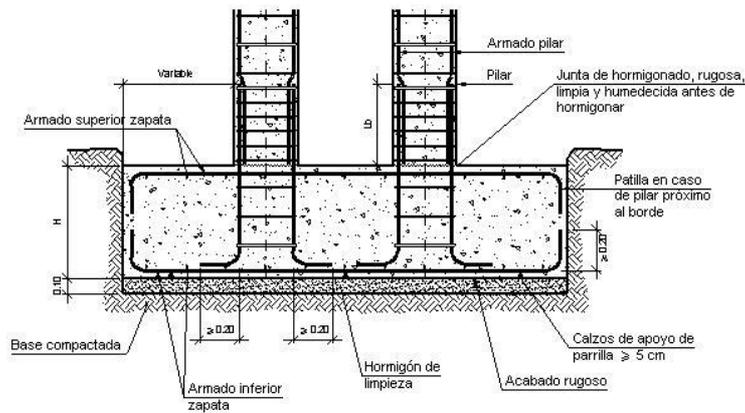
Autor: www.elconstructorcivil.com

La zapata corrida sirve de elemento de reparto y colaboración de cargas muy diversas y son adecuadas y funcionales cuando se trata de cimentar un elemento continuo como un muro o cuando se quieren homogeneizar los asientos de una alineación de columnas, sirviendo de arriostamiento.

Además se utiliza cuando nos interesa reducir las presiones de trabajo, combinando una serie de zapatas alineadas.

2.4.1.4 Zapatas combinadas.

FIGURA 17: Zapata combinada



Autor: www.merle.es

La zapata o plinto combinado se caracteriza por soportar más de un elemento sobre una misma base de cimentación, Se diferencia de la zapata aislada en razón de que su espesor es mucho mayor. Es muy utilizada cuando la distancia entre las columnas es reducida o cuando la capacidad portante es baja.

2.4.1.5 Vigas de cimentación.

FOTOGRAFÍA 6: Vigas de cimentación



Autor: Eduardo Díaz

Las vigas de cimentación son aquellas que enlazan las columnas a nivel de cimentación. En el caso de cimentación en hormigón ciclópeo o zapatas continuas, las vigas se ubican sobre el cimiento. En el caso de zapatas aisladas o dados de cimentación de pilotes, las vigas cumplen una función de articular estos elementos a nivel de cimentación.

2.4.1.6 Losas de cimentación.

FOTOGRAFÍA 7: Losa de cimentación



Autor: sites.google.com

Una losa de cimentación es una plataforma flotante apoyada directamente sobre el suelo. La cimentación por losa se emplea como un caso extremo de los anteriores cuando la superficie ocupada por las zapatas o por el emparrillado represente un porcentaje elevado de la superficie total. La losa puede ser maciza, aligerada o disponer de refuerzos especiales para mejorar la resistencia a punzonamiento bajo los soportes individualmente (denominados pedestales si están sobre la losa y refuerzos si están bajo ella) o por líneas (nervaduras).

En particular, también cabe emplear este tipo de cimentaciones cuando se diseñan cimentaciones “compensadas”.

En ellas el diseño de la edificación incluye la existencia de sótanos de forma que el peso de las tierras excavadas equivale aproximadamente al peso total del edificio; la losa distribuye uniformemente las tensiones en toda la superficie y en este caso los asentos que se esperan son reducidos.

2.4.2 Cimentaciones semiprofundas:

2.4.2.1 Pozos de cimentación o caissons:

FOTOGRAFÍA 8: Pozos de cimentación



Autor: www.alphastructural.com

Los pozos de cimentación o caissons son un tipo de cimentación semiprofundas, utilizada cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales por ser blandos.

En nuestro medio es común utilizarlos para cimentar pilares de puentes en el cauce de los ríos cuando no es posible o no es conveniente crear un desvío parcial o total del río o fuente natural.

2.4.2.2 Micropilotes:

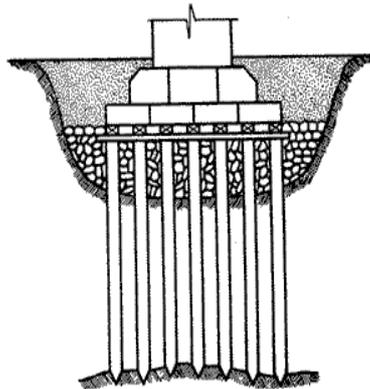
Estos elementos son pilotes de pequeño diámetro aproximadamente 30cm y se componen de una barra, tubo de acero o de armadura de acero que constituye el núcleo portante, el cual se recubre normalmente de lechada inyectada de cemento que forma el bulbo. Estos micropilotes permiten lograr altas capacidades de carga desde 30 a 150 hasta 150 toneladas, debido a sus características técnicas ya que soportan esfuerzos tanto a la tracción como a la compresión con deformaciones mínimas.

2.4.3 Cimentaciones Profundas:

Las cimentaciones profundas son muy utilizadas cuando los esfuerzos transmitidos por la edificación no pueden ser distribuidos suficientemente a través de una cimentación superficial, y en la solución probable se sobrepasa la capacidad portante del suelo.

2.4.3.1 Pilotes:

FIGURA 18: Esquema de un pilotaje



Autor: www.elconstructorcivil.com

Son elementos constructivos utilizados para cimentación de obras de gran magnitud, tales como edificios puentes etc. Estos permiten trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo. Se utilizan los pilotes cuando la

Son aquellas que para su contención se utiliza dos o más líneas de anclaje al terreno.

Son frecuentes en los subsuelos de los edificios para contención de las paredes

2.5 Daños producidos por los procesos de construcción

2.5.1 Asentamientos ocasionados por las excavaciones

En ciertas construcciones de edificios, cuya etapa constructiva es la excavación de subsuelo y cimentación ha sido común observar al asentamiento de construcciones aledañas, poniendo en riesgo gran parte de las edificaciones además de la integridad de sus ocupantes y obreros de la construcción.

Ralph B. Peck-Walter E. Hanson-Thomas H. Thornburn (Ingeniería de Cimentaciones), menciona que, todo proceso de excavación está asociado a un cambio del estado de esfuerzo en el suelo. Este cambio está inevitablemente acompañado por deformaciones. Estas comúnmente toman la forma de hundimiento del área que rodea la excavación, de movimiento hacia dentro del suelo situado en los bordes y de bufamiento del suelo localizado abajo del fondo. Las estructuras apoyadas en cimentaciones que descansan sobre el material que se deforma, experimentan los movimientos correspondientes. Comúnmente se asientan y se mueven hacia la excavación.

Para evitar este peligro, estos tres autores, recomiendan que el ingeniero o el profesional al frente del proyecto, esté familiarizado con los diferentes procedimientos de excavación y de apuntalamiento de los frentes de las excavaciones.

2.5.2 Asentamientos por abatimiento del agua freática

Cuando abatimos el agua mediante bombeo o a través de otros medios en las excavaciones, casi siempre se dará el fenómeno de que el peso del material entre

la posición original y final de dicho nivel aumente del valor correspondiente al suelo sumergido al del suelo húmedo saturado, evidentemente esto ocasionará el aumento correspondiente de presión efectiva en todos los niveles debajo de la posición original del nivel freático, y produce deformaciones, de acuerdo con la relación esfuerzo-deformación, para el material en cuestión.

Según la Comisión Nacional del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-2007, un abatimiento diseñado, instalado y operado apropiadamente facilitará la construcción:

- Bajando el nivel del agua e interceptando la infiltración, evitando que el agua emerja por las paredes o por el fondo de la excavación.
- Incrementando la estabilidad de las paredes excavadas.
- Previniendo la erosión del material en las paredes o en el fondo de la excavación.
- Reduciendo las cargas laterales en el tablaestacado o ademe.
- Mejorando las características de la excavación y las tensiones en suelos arcillosos.
- Previniendo la ruptura o empuje del fondo de una excavación.

2.5.3 Desplazamiento por hincado de pilotes

De los autores, Ralph B. Peck-Walter E. Hanson-Thomas H. Thornburn (Ingeniería de Cimentaciones), cuando se hincan pilotes en materiales sueltos sin cohesión, es probable que la superficie del terreno se asiente, aun cuando el volumen de los pilotes pueda representar una fracción apreciable del volumen del

subsuelo. En la mayor parte de los otros materiales, el hincado de un pilote probablemente se asocie al desalojamiento de un volumen de material igual, o algo menor que el del pilote. Cuando se hincan muchos pilotes en una cimentación, especialmente si su separación es pequeña, la superficie del terreno puede levantarse hasta varios decímetros. Las estructuras situadas dentro de esta distancia se desalojan hacia arriba.

2.5.4 Relación de influencia de métodos constructivos

Según la teoría de Ralph B. Peck-Walter E. Hanson-Thomas H. Thornburn (Ingeniería de Cimentaciones), las cimentaciones estudiadas presentan muchos beneficios. Consideran que una cimentación es satisfactoria, si no transmite presiones al subsuelo que exceden la carga de seguridad o que produzcan asentamientos excesivos, de ahí la importancia del estudio y la relación influyente para la elección adecuada del tipo de cimentación.

Un estudio bien definido dará lugar a una correcta cimentación y al mismo tiempo conllevará a evitar perjuicios a construcciones aledañas y que se produzcan grandes asentamientos.

La elección del tipo de cimentación para una estructura dada puede ser influida también por la posibilidad de daño, debido a operaciones de construcción, realizadas en predios adyacentes en fecha posterior. Por ejemplo, una cimentación satisfactoria para un determinado edificio puede consistir en pilas que atraviesen arcilla blanda hasta un estrato de arcilla muy dura que descansa en arena compacta saturada, que a su vez está sobre un manto de roca.

Sin embargo, si se construye un nuevo edificio en la propiedad adyacente y se cimienta sobre pilas que se prolongan a través de la arcilla dura y la arena saturada hasta el manto de roca, existen muchas probabilidades de que la arena fluya entrando en la excavación para las nuevas pilas, y que el soporte para el estrato de arcilla dura debajo del primer edificio se pierda.

Ante esta posibilidad, puede ser preferible apoyar el primer edificio en pilas que se prolonguen hasta la roca, aún a costa de mayor gasto. Por lo tanto, la posibilidad de daño debida a la futura construcción en la vecindad, puede ser un factor importante en la elección final del tipo de cimentación.

2.5.4.1 Selección del tipo de cimentación y bases para el proyecto

Como todas las construcciones están soportadas por cimentaciones y, finalmente por suelo o roca, el éxito de un proyecto estructural, según Ralph B. Peck-Walter E. Hanson-Thomas H. Thornburn (Ingeniería de Cimentaciones), depende en gran parte del ingeniero especialista en cimentaciones. Sin embargo, la planificación general, el proyecto y la construcción de la mayor parte de las obras requieren los esfuerzos combinados de varias disciplinas.

De esta manera, el especialista en cimentaciones forma parte de un equipo de proyecto; encuentra que los tipos de cimentación y los métodos de construcción pueden ser transacciones que resultan de muchos requisitos, además de las condiciones del subsuelo.

En determinados trabajos, como en la construcción de muelles, presas y bordos, puede, decirse que el ingeniero de cimentaciones es el profesional principal. En otras obras, como la mayor parte de los edificios, es natural que el ingeniero estructural o el arquitecto sean los líderes del equipo y asuman muchas, si no todas, las responsabilidades del ingeniero especialista en cimentaciones. Sin embargo, la complejidad de las condiciones de la cimentación, no está necesariamente relacionada al tamaño de la obra.

Por lo tanto, puede suceder que la demanda de pericia en la ingeniería de cimentaciones sea mayor en obras pequeñas que en otras más grandes.

Independientemente de cuál sea la jerarquía de las responsabilidades profesionales y de cuál pueda ser el tipo y tamaño de la obra, los procedimientos ingenieriles son los mismos para elegir el tipo más adecuado de cimentación para ciertas condiciones de suelo, para elegir valores convenientes de la presión admisible en el suelo o para seleccionar las cargas admisibles por pilote.

2.6 Marco Conceptual

Algunos conceptos básicos se utilizarán para el desarrollo del presente trabajo, algunos de los cuales se describen a continuación:

Absorción: Entrada de un fluido dentro de un sólido en virtud de la porosidad del último.

Acuífero: Formación geológica que constituye un depósito de agua.

Acuífero artesiano o confinado: Acuífero en el cual el agua del subsuelo está confinada entre estratos impermeables o semi-impermeables.

Acuífero libre o no confinado: Acuífero en el cual el nivel superior de la zona de saturación está a la presión atmosférica.

Adherencia (ca): Parte de la resistencia al esfuerzo cortante entre el suelo y otro material bajo una presión normal nula.

Adsorción: Incorporación de una sustancia a la superficie de un sólido, en virtud de fuerzas provenientes de la atracción molecular.

Afloramiento rocoso. Lugar de la superficie del suelo, en el que aparece una masa rocosa.

Agregado (Árido): Material granular resultante de la desintegración y desgaste de las rocas, o que se obtiene mediante la trituración de las mismas.

Asentamiento (s): Movimiento vertical descendente de la superficie del suelo.

Carga axial aplicada (Q): Fuerza que una estructura transmite axialmente a la cimentación.

Carga hidráulica (Potencial) (h): Suma de la presión intersticial (u/γ_w) y la altura geométrica (z) sobre un nivel dado de referencia.

Compacidad: Grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo.

Compactación: Proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia y compresibilidad de los suelos.

Compresibilidad: Propiedad de un suelo por la cual disminuye su volumen cuando se lo somete a un esfuerzo de compresión.

Consolidación inicial: Efecto de consolidación de un suelo, que se debe principalmente a la expulsión y compresión del gas en los vacíos del suelo. Esta precede a la consolidación primaria.

Consolidación primaria: Efecto principal de la consolidación de un suelo, debido a la expulsión del agua de los espacios vacíos de la masa y a la transferencia de carga desde el agua del suelo a los sólidos del mismo.

Consolidación secundaria: Efecto remanente de la consolidación de un suelo, debido principalmente al ajuste de la estructura interna de la masa del suelo, luego de que la mayor parte de la carga ha sido transferida desde el agua del suelo a los sólidos del mismo.

Contenido de agua óptimo (Wo): Contenido de agua con el cual un suelo puede ser compactado a la máxima densidad seca, por un ensayo de compactación normalizado.

Cimentación: Parte inferior de una estructura que transmite la carga al suelo.

Coefficiente de presión del suelo (K): Relación entre el esfuerzo vertical y el esfuerzo horizontal correspondiente.

Coefficiente de presión activa y pasiva del suelo (Ka, Kp): Coeficientes sin dimensión que intervienen en las expresiones de la presión activa y pasiva del suelo.

Coefficiente de presión en reposo del suelo (K0): Relación entre las presiones efectivas horizontal y vertical, cuando la superficie libre del suelo es horizontal y no existe deformación en ese sentido.

Coefficiente de uniformidad (CU): Parámetro obtenido de una curva granulométrica que indica la uniformidad de tamaño de un árido o suelo: $CU = D_{60} / D_{10}$

Dónde:

D60 = diámetro correspondiente al 60% que pasa en la curva granulométrica.

D10 = diámetro correspondiente al 10% que pasa en la curva granulométrica.

Coefficiente de variación volumétrica (módulo de cambio de volumen) (mv): Relación entre la variación de volumen por volumen unitario y la variación correspondiente al esfuerzo normal efectivo máximo: $mv = (e_0 - e) / [(1 + e_0) \Delta\sigma']$

Dónde:

e = relación de vacíos e_0 = relación inicial de vacíos

$\Delta\sigma'$ = variación del esfuerzo efectivo

Coefficiente de viscosidad (η): Esfuerzo cortante requerido para mantener una diferencia de velocidad igual a la unidad entre dos planos paralelos de un fluido, separados por una distancia unitaria.

Consistencia: Estado transitorio de cohesión y adherencia de un suelo, que varía con el contenido de agua.

Consolidación (unidimensional): Proceso en el cual se reduce parcialmente el volumen de una masa de suelo por expulsión de agua, debido a una transferencia de esfuerzo de la fase líquida a la fase sólida.

Contenido de agua (w): Relación entre la masa del agua intersticial o de poro y la masa de las partículas sólidas.

Fuerza de resistencia de punta (Q_p): Componente de la resistencia al hundimiento de un pilote debido a una carga axial.

Fuerza lateral aplicada a una cimentación (H): Fuerza que una estructura transmite lateralmente a una cimentación.

Gradiente hidráulico (i): Pérdida de la carga hidráulica por unidad de longitud recorrida en la dirección del flujo.

Grado de consolidación (U): Relación entre la variación de volumen durante un determinado tiempo y la variación final del volumen.

Grado de saturación (Sr): Relación entre el volumen del agua de poro o intersticial y el volumen de vacíos.

Granulometría: Proporción de material de cada tamaño de partículas presentes en un determinado suelo.

Muestra: Parte o porción de un material natural o elaborado que se toma como representativa del mismo, cuando se desea investigar sus propiedades, y cuyas dimensiones características y manera de seleccionar las se fijan conforme a métodos normalizados.

Muestreo: Selección de una porción representativa de un material, por un método normalizado.

Número de golpes S.P.T (N): Resultado normalizado del Ensayo de Penetración estándar.

Suelo: Genéricamente, superficie de la corteza terrestre; conjunto natural de partículas minerales, provenientes de la desintegración física y/o química de las rocas.

Suelo-cemento: Suelo natural o material artificial de granulometría fina, que ha sido estabilizado o reforzado por la adición de cemento hidráulico.

Suelo normalmente consolidado: Depósito de suelo que nunca ha sufrido consolidación por esfuerzos mayores a los que actualmente soporta.

Suelo orgánico (O): Suelo con un alto contenido de materia orgánica.

Suelo preconsolidado: Depósito de suelo que en su historia geológica ha sufrido consolidación por efecto de esfuerzos mayores a los que actualmente soporta.

Suelo residual: Suelo resultante de la transformación natural in situ de una roca preexistente.

Vacío: Espacio no ocupado por materia mineral sólida en la masa de un suelo, pero que contiene aire, agua u otro gas o materia líquida.

Valor portante (CBR): Relación entre el esfuerzo necesario para introducir en una masa de suelo un pistón circular de 50mm de diámetro a una velocidad de 1,25mm/min y aquel esfuerzo requerido para una penetración similar en un material normalizado; esta relación generalmente se determina para una penetración de 2,5mm, aunque se pueden usar otros valores de penetración.

2.7 Fundamentación legal

2.7.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC-2014 los constructores se encuentran más comprometidos al desarrollar sus actividades diarias de construcción. Es así que las construcciones requieren mayor control y calidad por parte de los profesionales.

2.7.2 Entes reguladores

El barrio Santa Isabel de la Parroquia de Amaguaña forma parte del Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito, por lo tanto el ente regulador principal es el Municipio (Administración Zonal Valle de Los Chillos), ubicado en la Parroquia de Conocoto.

Para este efecto, el Funcionario Municipal, revisa los planos estructurales, en la cual se hará constar la planta de cimentación y los detalles generales del mismo, anexando la memoria técnica y estudio de suelos. La revisión está basada en las normas municipales y NEC-2014.

2.7.3 Otras Normativas

Para nuestro estudio, de preferencia se va a dar las normas NTE INEN, principalmente las NTE INEN-ISO 22475-1, NTE INEN-ISO 22476-12, NTE INEN-ISO 22476-2, que son las que se encargan de normalizar los sistemas constructivos de cimentaciones.

Además se pueden utilizar referencia de normas definidas por el American Concrete Institute (ACI) y el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC)-2001.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se enmarca en tres modalidades de investigación, documental, de campo y descriptiva.

- La investigación documental del proceso constructivo de cimentaciones, se ha considerado puesto que está basada en conocimientos ciertos y fundamentados, con propuestas concretas y soluciones reales, no ficticias, aunque en ocasiones manejemos conocimientos empíricos pero ya comprobados.

La investigación documental forma parte esencial de un proceso de investigación científica, constituyéndose en una estrategia donde se observa y reflexiona sistemáticamente sobre realidades (teóricas o no) usando para ello diferentes tipos de documentos. Indaga, interpreta, presenta datos e informaciones sobre un tema determinado de cualquier ciencia, utilizando para ello, una metódica de análisis; teniendo como finalidad obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica.

- La investigación de campo, es fundamental y se considera esta ya que utilizando el método científico, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social. (Investigación pura), o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos (investigación aplicada).

A esta investigación la conocemos también como investigación in situ ya que se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Esto nos permite el conocimiento más a fondo de los problemas, se puede manejar los datos con más seguridad y puede soportarse en diseños

exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variables dependientes.

- La investigación descriptiva está considerada, puesto que queremos encontrar un Proceso Constructivo de cimentaciones innovador, para poder plantearlo como una solución a la problemática existente sobre cimentaciones, específicamente al área de construcción de proyectos de viviendas unifamiliares, en el que a parecer del investigador, no se han aplicado correctamente o no son de uso cotidiano en esta labor.

3.1 Tipos de investigación

En concordancia con lo analizado en cuanto a la exploración, estudio y clasificación del suelo y subsuelo, además de la propuesta establecida en el capítulo IV de la presente estudio, el proyecto investigativo tiene una tipología consecuente y aplicada, en la cual buscamos dar soluciones prácticas a un problema previamente establecido, finalizando con su carácter exploratorio y de correlación con la meta de comprobar nuestras hipótesis planteadas, y ver su ocurrencia positiva o negativa, a medida que se va realizando la estructuración científica.

3.2 Unidad de análisis

Partiendo de que para el presente estudio los grandes beneficiados son los moradores de este sector, determinamos un estudio de campo que permita identificar la problemática planteada.

El estudio de campo se realiza indistintamente a un grupo de construcciones existentes, considerando para ello la ubicación mediante ubicación de calles y nomenclatura. Estos a su vez serán nuestro foco de factibilidad e implementación.

Para el efecto determinaremos las fallas en las viviendas como consecuencia del agua subterránea, es decir se tomarán los datos de asentamientos y fisuras estructurales, los cuales son muy fáciles de apreciar y diferenciar.

3.2 Población y Muestra

La población general de la detallamos anteriormente, a lo cual en la Tabla No.1 indicaremos el número de personas involucradas en el muestreo, por lo cual se realiza la selección de un porcentaje aproximado de personas con características aleatorias, a las cuales vamos a aplicar nuestra herramientas y técnicas de investigación, como son la encuesta y la entrevista.

CUADRO 4: Población y muestra

ÍTEMS	UNIDAD DE ANÁLISIS	POBLACIÓN	MUESTRA	TÉCNICA
1	Construcciones de hormigón armado con defectos constructivos en cuanto a la cimentación	415	103	ENCUESTA

Autor: Villegas P.G. y Sierra E.T. (1988)

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La recolección de información es la encuesta, puesto que al recolectar la información de cada construcción nos permite ver con mayor claridad los cambios que han venido experimentando durante mucho tiempo, además de tener conocimiento de la ocurrencia de derrumbes por inobservancia a las reglas de construcción.

Consecuentemente, otra herramienta que disponemos es la observación, puesto que físicamente podemos dar criterios más eficaces y a la vez oportunos, teniendo como principal aliado nuestro conocimiento profesional.

Con todas estas herramientas nos basaremos también en información bibliográfica relacionados a temas de cimentaciones con nivel freático alto.

3.4 Operacionalización de variables

3.4.1 Variable Independiente

Construcción de cimentación en suelos saturados o suelos con nivel freático alto

CUADRO 5: Operacionalización Variable Independiente

DEFINICIÓN	ALCANCE	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	INSTRUMENTOS
Se denomina cimentación al conjunto de elementos de cualquier edificación cuya misión es transmitir al terreno que la soporta las acciones procedentes de la estructura.	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción Viviendas • Construcción Edificaciones • Plataformas con cimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Ecuatoriana de la Construcción • American Concrete Institute (ACI) 	<p>¿Cómo se realiza los procesos de construcción de cimentaciones en suelos saturados?</p> <p>¿Cuál es la vulnerabilidad que afrontan las construcciones estas áreas de construcción?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Cuestionario

Elaborado por: Eduardo Díaz
Autor: Investigación

3.4.2 Variable Dependiente

Proceso constructivo de cimentaciones con nivel freático alto.

CUADRO 6: Operacionalización Variable Dependiente

DEFINICIÓN	ALCANCE	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	INSTRUMENTOS
<p>Un proceso constructivo son las reglas diseñadas por el constructor y las normas vigentes para usar dichos elementos de principio a fin de manera correcta necesarios para obtener un buen resultado; un buen ejemplo sería el proceso constructivo del concreto armado desde que se especifican sus dosificaciones dependiendo de su uso paso por paso hasta su curado y fraguado, es muy importante conocer los procesos de los materiales y elementos para evitar omisiones que causen fallas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de suelos • Diseño de cimentaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de laboratorio • Control del nivel freático 	<p>¿Cómo estructurar un proceso constructivo que permita la ejecución de todos los rubros inherentes a las cimentaciones con nivel freático?</p> <p>¿Qué impacto y su relación entre el suelo y agua subterránea se producirían en determinados casos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Cuestionario

Elaborado por: Eduardo Díaz
Autor: Investigación

3.5 Procedimientos de la Investigación para el Proceso Constructivo

Con la finalidad de establecer una directriz de aprovechamiento de la información científica recolectada por medios bibliográficos, o por la investigación de campo que se va a realizar, se debe plantear un plan de procesamiento de la información, tal como lo detallamos a continuación:

CUADRO 7: Plan de procesamiento de la información

Actividad	Definición	Cómo	Dónde	Por Qué
1.- Recopilación de la información	La información es un conjunto organizado de datos procesados.	De acuerdo a las modalidades básicas de la investigación, recolección bibliográfica, de campo.	Bibliografía especializada, documentación técnica y de desarrollo, observación.	Permite conocer el criterio de los entendidos en la materia y aplicar la formación de carrera.
2.- Revisión y codificación de la Información	Es el método que permite convertir un carácter de una lengua natural en un símbolo u otro sistema de representación.	Analizar el objetivo y las representaciones numéricas de las estadísticas.	Internamente por identificación del investigador para posterior estudio de campo	Para definir el manejo de la base de datos recolectados, que orientan futuros análisis.
3.-Preparación y selección del tipo de muestra	Conjunto de construcciones con determinadas características de la que se obtiene la muestra y estas deben ser representativas.	Selección del sector y recopilación de la información y la elaboración del proyecto de análisis e investigación	Barrio Santa Isabel, Parroquia Amaguaña Cantón Quito,	Conocer la realidad de las construcciones y como se construyen en la actualidad.
4.- Elaboración y prueba de los instrumentos	Aplicación de metodologías de aplicación.	Se analiza si las preguntas planteadas permiten alcanzar el objetivo de la investigación	Internamente en la investigación.	Elaboración de encuestas y cuestionarios que nos permitan obtener la idea clara.

5.- Análisis y determinación de información	Metodología analítica inductiva para evaluación de información	Analizar resultados por medio de una clasificación descriptiva	Oficina o domicilio del Investigador	Se especifica los resultados
6.- Ordenamiento y tabulación de la información	Nos permite obtener la correcta aproximación a la realidad de los hechos y sacar conclusiones	Elaborar tablas de representatividad numérica que nos permita analizar el objeto planteado.	Oficina o domicilio del Investigador	Para definir el manejo de la base de datos recolectados, que orientara futuros análisis de datos

Elaborado por: Eduardo Díaz
Autor: Investigación

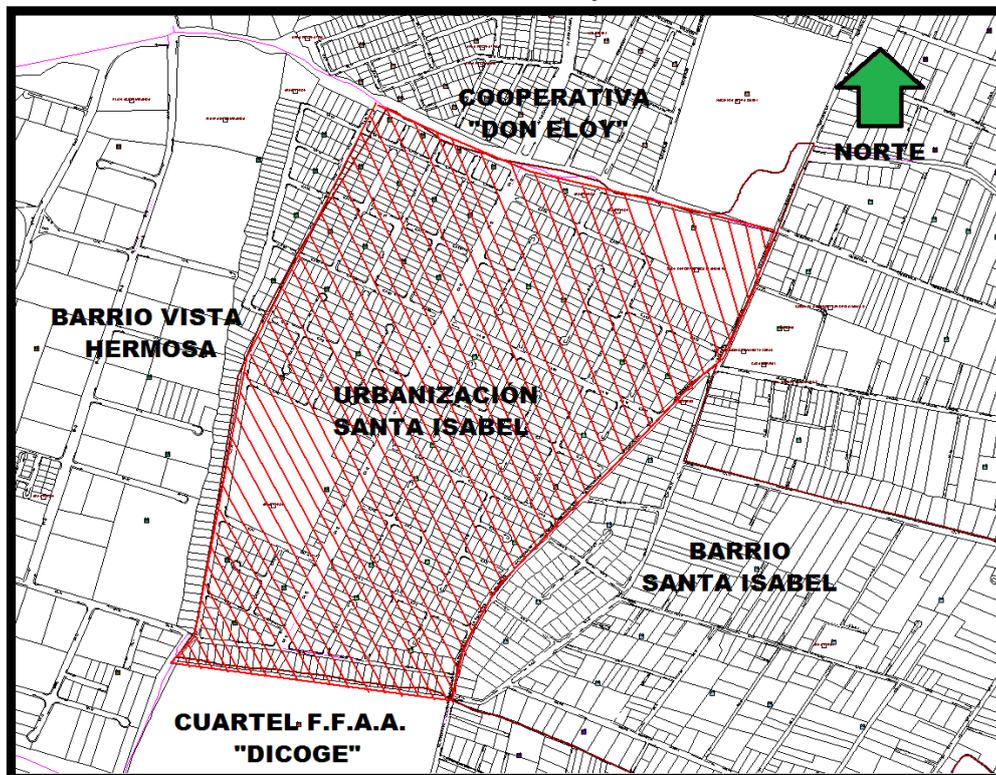
CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA DE TRABAJO

4.1 Identificación del sitio de estudio

4.1.1 Ubicación Geográfica

FIGURA 20: Ubicación y linderos



Autor: EPMAPS-QUITO – 2015

El Barrio Santa Isabel pertenece a la parroquia Amaguaña, Distrito Metropolitano de Quito y está ubicada en el Valle de los Chillos. Está asentada en las faldas de la zona montañosa del sur oriente de Quito que llega a los 3500 metros sobre el nivel del mar.

El centro de la población está a aproximadamente 20 Km al Sur Oriente de la Capital del Ecuador y a 2683 metros sobre el nivel del mar.

Sus coordenadas geográficas aproximadas son: latitud 0°22'S y longitud 78°27'W.

Su clima tiene una temperatura promedio entre 17 y 18° C.

Sus límites son los siguientes:

Norte: Cooperativa de Vivienda Don Eloy.

Sur: Cuartel de Inteligencia de las Fuerzas Armadas "DICOGE".

Este: Barrio Santa Isabel I Etapa.

Oeste: Barrio Vista Hermosa

4.1.2 Topografía y Relieve

La fisonomía topográfica y el paisaje cautivan al viajero o al turista con la contemplación de nuevos panoramas a su alrededor.

Se observan dos regiones naturales: la planicie propia y las estribaciones de la zona montañosa del sur oriente de la ciudad de Quito; tiene nivel freático alto debido a las características de agua subterránea de la zona montañosa.

4.1.3 Geología

Las características del suelo son muy húmedas en algunos casos demasiado saturadas, lo que ha conllevado a que por iniciativa propia de los pobladores se creen zanjas de filtración de aguas para evitar la sobresaturación y humedades que afectan las fachadas de las viviendas.

4.1.4 Clima

El Barrio Santa Isabel presenta una variedad de climas desde frío intenso hasta un cálido sofocante. Tiene una temperatura promedio entre 17 y 18°C.

4.1.5 Descripción del Aspecto Socio-Económico y Cultural

En este lugar se iniciaron los primeros telares de Chillo (Chillo-Jijón). Actualmente las actividades productivas son: agrícola, obrera y artesana, claro está que estas actividades se han ido debilitando así como la danza de los Rucos y Yumbadas, sin embargo las festividades de carnaval se han desarrollado notoriamente, pudiendo afirmar que las actividades turísticas se han incrementado.

Siendo una zona con gran potencial turístico es necesario que las vías del sector se encuentren en perfecto estado, facilitando de esta manera la economía parroquial, cabe señalar que en épocas invernales estos caminos sufren el deterioro de su carpeta de rodadura por lo cual hay que darles continuos mantenimientos.

4.2 Excavación de la cimentación

La excavación se lo realizará tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

- De acuerdo a las dimensiones de la cimentación
- De acuerdo al tipo de suelo

4.2.1 De acuerdo a las dimensiones de la cimentación.

Generalmente los plintos más utilizados en la zona de estudio, son los plintos aislados, esto debido a la superficie de los terrenos. Para un terreno de 500m² que son los más comunes en este sector, es decir 20m de frente por 25m de

profundidad, las distancias entre ejes fluctúan entre 3.00m a 4.00m, todo dependiendo del diseño arquitectónico.

Para estos casos los diseños más frecuentes en lo referente a dimensiones de plintos están entre 1.00m x 1.00m a 1.20m x 1.20m, esto depende del diseño estructural. La separación entre plintos de acuerdo al CEC-2010, no podrá ser inferior a 0.80m, con la finalidad de que la energía del bulbo de presiones no choquen entre sí.

La excavación de estos plintos se los realiza manualmente, es decir no es necesaria la intervención de maquinaria, tales como una retroexcavadora, gallineta, etc.

Existen también terrenos de mayor superficie, con lo cual se pueden tener diseños arquitectónicos más modernos, edificios o cualquier obra civil que demandan de distancias entre ejes superiores a los 4 o 5m, por ende el diseño estructural para las cimentaciones pasará de una simple zapata aislada hasta una losa de cimentación.

En este caso el uso de maquinaria es fundamental, en razón de que son grandes masas de suelo que hay que remover y no es suficiente con herramienta menor.

4.2.2 De acuerdo al tipo de suelo

Cuando el suelo es muy blando, con nivel freático alto, es muy difícil ejecutar excavación manual, debido a la concentración de agua subterránea y al deslizamiento de las paredes de la cimentación. Si los plintos son comunes, es decir zapatas aisladas la excavación se realizará manualmente, con un método de abatimiento del agua subterránea y a la vez manteniendo la seguridad durante todo el proceso de excavación para evitar deslizamientos o derrumbes.

Si las exigencias estructurales demandan de otro tipo de cimentación como zapatas aisladas o losas de cimentación el tipo de excavación será mixta, mediante maquinaria y herramienta manual, manteniendo en todo momento lo expuesto anteriormente en cuanto a la seguridad.

FOTOGRAFÍA 10: Excavación de una cimentación a mano



Autor: eloficial.com.ec

FOTOGRAFÍA 11: Excavación de una cimentación a máquina



Autor: Eduardo Díaz

4.3 Mejoramiento del suelo

Dependiendo de las características del suelo, el mejoramiento lo realizaremos con material granular seleccionada (GRAVA). Para la colocación de la grava y según el tipo de suelo, nos basaremos en el numeral 4.5 del presente estudio.

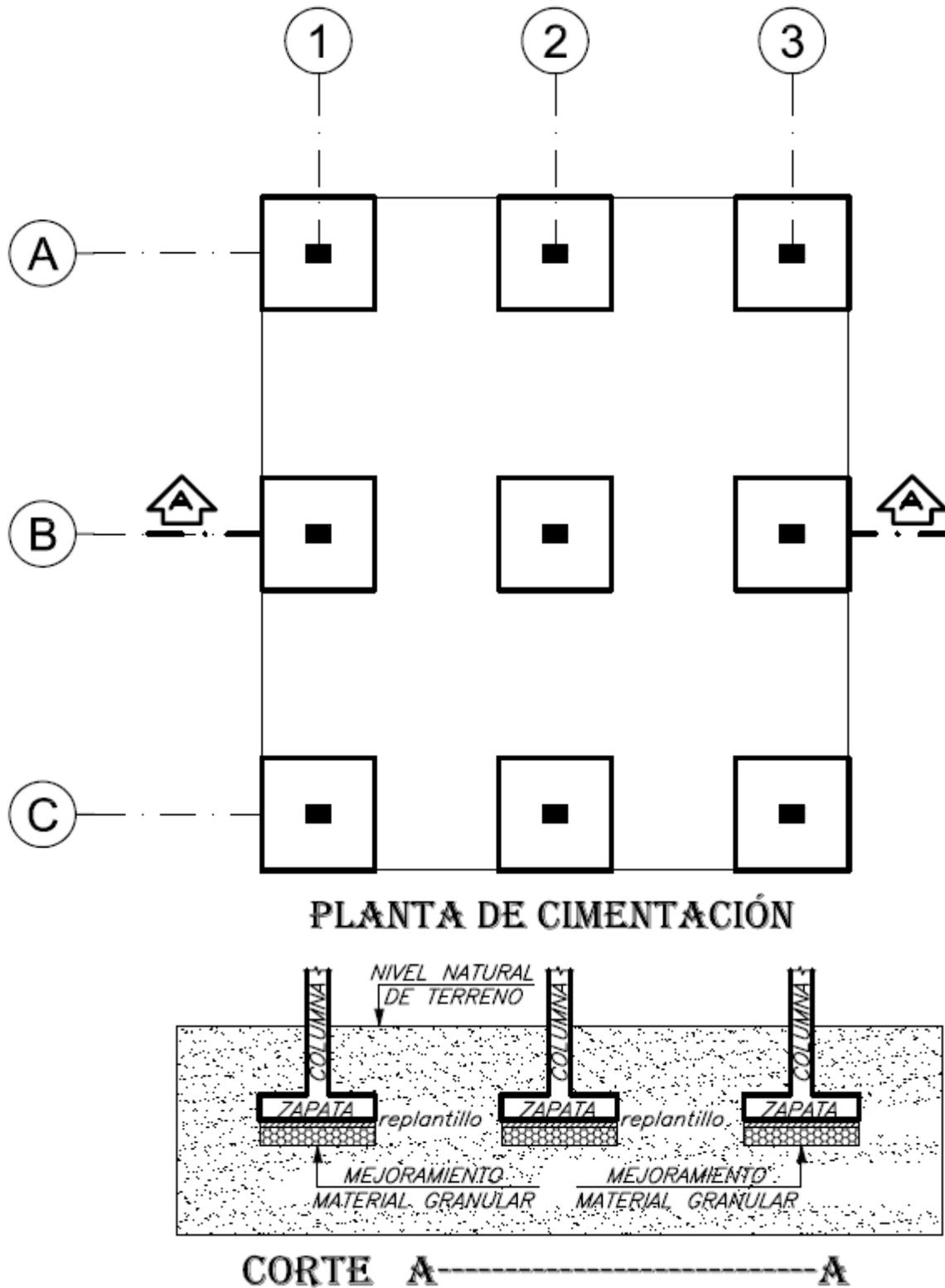
Para suelos tipo A, la capa del material granular deberá ser de aproximadamente 20cm, compactada y rasanteada para colocar el replantillo compuesto por hormigón simple con una resistencia de 140Kg/cm² y en espesor de 5-8cm.

Para suelos tipo B, la capa del material granular deberá ser de aproximadamente 40cm, compactada y rasanteada para colocar el replantillo compuesto por hormigón simple con una resistencia de 140Kg/cm² y en espesor de 5-8cm.

Para suelos tipo C, la capa del material granular deberá ser de aproximadamente 60cm, compactada y rasanteada para colocar el replantillo compuesto por hormigón simple con una resistencia de 140Kg/cm² y en espesor de 5-8cm.

En la siguiente figura se aprecia una planta de cimentación y sección típica con suelo mejorado y replantillado.

FIGURA 21: Esquema de cimentación y mejoramiento



Autor: Eduardo Díaz

4.4 Metodología de abatimiento del nivel freático

4.4.1 Abatimiento del nivel freático

Para abatir el nivel freático se tomará en cuenta la cantidad de agua que aflore en la excavación y la capacidad de las paredes de zanja y plintos, para soportar deslizamientos.

En muchos casos existirá mucha agua subterránea, que se acumulará rápidamente en el fondo del plinto excavado y si los trabajos no se realizan inmediatamente todo el plinto estará ocupado por el agua, esto ocasionará que el suelo donde se asentará la cimentación se sobresature, y los asentamientos diferenciales sean más frecuentes.

En nuestro caso, analizaremos dos métodos de abatimiento, la primera es mediante zanjas y tuberías colectoras perforadas, rellenas con material granular y la segunda es mediante zanjas sin tubería y con material filtrante cubierta con membrana geotextil.

Posteriormente se adoptará la opción que presente las mejores características tanto funcionales así como económicas.

El proceso inicial de abatimiento será igual en ambos casos, es decir que la creación de las zanjas principales y secundarias serán las mismas.

Las zanjas principales son las que se crearán alrededor de la superficie de la cimentación y las secundarias y terciarias son las que se encuentran en el interior de ésta.

Por consiguiente realizaremos el abatimiento del agua e impermeabilización del fondo de la excavación como sigue:

- Se creará alrededor de la superficie de la cimentación una zanja natural filtrante de 0.50cm de ancho y profundidad superior al nivel del fondo del plinto, con la finalidad de que las aguas subterráneas avenen naturalmente hacia esta y evitar que no lleguen hacia nuestros plintos. Posteriormente la zanja será rellena con material granular, previo a la colocación de tubería perforada de diámetro 160mm, en el primer caso y en el segundo caso la zanja será rellena con material granular envuelta por la membrana geotextil. Estas aguas serán conducidas hacia una descarga, ya sea hacia una red pública de alcantarillado o a una acequia o quebrada existentes, con una pendiente mínima de 1.5%
- Se creará una o dos zanjas colectoras secundarias con tubería PVC perforada, diámetro 110mm y con material filtrante o solo con material filtrante cubierta por la membrana geotextil antes de iniciar la excavación de los plintos ya sea a través de medio mecánico o manual, para conducir las aguas subterráneas de diferentes ramales hacia ellas, considerando que el nivel del fondo de esta zanja colectora deberá ser superior al nivel del fondo de todos los plintos, para tener la suficiente pendiente de descarga.
- Cuando empecemos la excavación de los plintos, simultáneamente crearemos los ramales terciarios con pendientes del 1.50% mínima hacia las zanjas colectoras, puesto que el agua subterránea es indiferente, es decir que puede o no existir a 0.50cm, 1.00m, 1.50m o durante todo el proceso de excavación.
- Luego del proceso de filtración ya sea por cualquiera de los dos métodos propuestos se realizará el relleno compactado con material existente.

Esto se realizará como trabajo inicial con la finalidad de que el agua superficial fluya y no se acumule permitiéndonos ejecutar los trabajos sin mayores inconvenientes.

El tipo de abatimiento del agua, se analizó para terrenos con superficies de 500m, determinados como lote mínimo por el Distrito Metropolitano de Quito, para esta zona, mediante el INFORME DE REGULACIÓN METROPOLITANA (IRM), el cuál dispone que las construcciones deberán ser aisladas de los linderos, es decir con retiros en todos los lados del lote o predio.

4.4.2 Relleno de zanjas

En todas las zanjas para su relleno se utilizará material granular seleccionado, la primera capa se colocará exclusivamente grava y la segunda se rellenará con material existe con humedad óptima para una compactación adecuada.

4.5 Estabilidad del fondo de la excavación

Posterior a los trabajos de abatimiento del agua freática, es fundamental crear una estabilidad confiable en la base de los plintos, esto a su vez permitirá posibles deslizamientos de las paredes del plinto.

Según el manual de cimentaciones de Manuel Guevara y Manuel Sierra – 2008-2009, las fallas más frecuentes en el fondo de una excavación son: por corte, por expansión y por subpresión.

Bajo estas circunstancias y si es necesario, realizaremos una contención en la base del plinto, mediante muretes o cimentación de piedra, manteniendo siempre el canal creado para recolección del agua subterránea.

En plintos de altura no mayores a 2.00m la creación de dos o tres filas de piedra para crear el murete revocado con mortero de dosificación 1:2, será suficiente para soportar las fuerzas en el fondo de la excavación.

4.6 Estabilidad de las paredes de la excavación

4.6.1 Inclinação de las paredes de la zanja

4.6.1.1 Para suelos de tipo A:

Este tipo de superficie está compuesta por arcilla, arcilla fangosa y capas duras (resisten la penetración). El ángulo de las paredes no debe ser mayor a 53° (respecto de la horizontal). Si las zanjas no superan una profundidad de 3,50m y no permanecerán abiertas durante más de 24h, puede emplearse un ángulo de inclinación de las paredes de 63° , pudiendo también llegar hasta los 90° .

4.6.1.2 Para suelos de tipo B

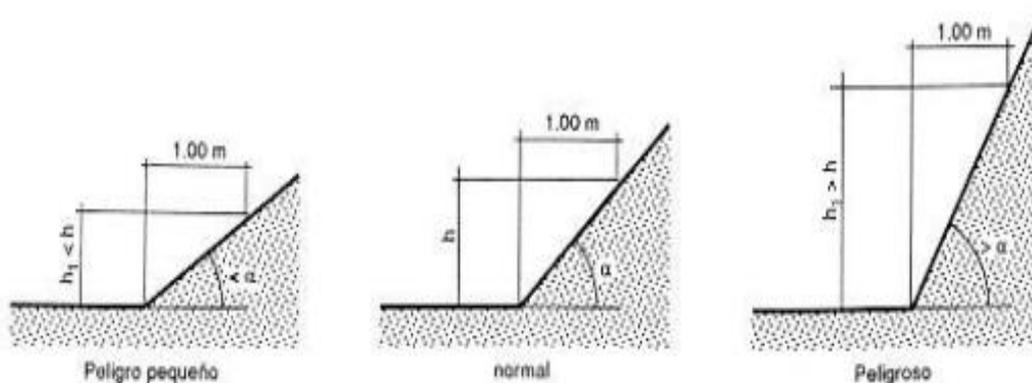
Este tipo de superficie de estabilidad media está compuesta por cieno, barro arenoso, arcilla media y roca seca inestable. El ángulo de las paredes no debe ser mayor a 45° (respecto de la horizontal).

4.6.1.3 Para suelos de tipo C

Este tipo de superficie, menos estable, está compuesta por grava, arena fangosa, suelo sumergido o denso y rocas pesadas. El ángulo de las paredes no debe ser mayor a 34° (respecto de la horizontal).

En el siguiente gráfico se puede observar los diferentes ángulos de inclinación y peligrosidad.

FIGURA 22: Talud natural de α°



Autor: Ángel Luis González Borrego - España-2010

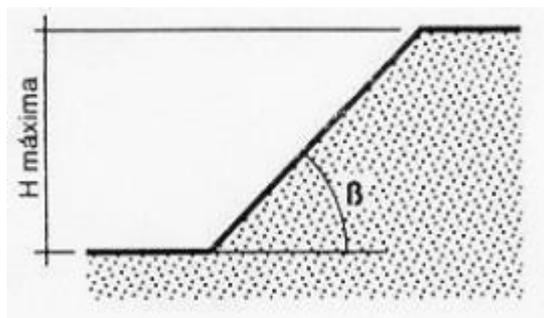
La tabla siguiente sirve para determinar la altura máxima admisible en metros de taludes libres de solicitaciones, en función del tipo de terreno, del ángulo de inclinación de talud β no mayor de 60° y de la resistencia a compresión simple del terreno.

CUADRO 8: Determinación de la altura máxima admisible para taludes

Tipo de terreno	Angulo de talud β	Resistencia a compresión simple R_u en kg/cm^2				
		0,250	0,375	0,500	0,625	$\geq 0,750$
Arcilla y limos muy plásticos	30	2,40	4,60	6,80	7,00	7,00
	45	2,40	4,00	5,70	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,20	7,00
Arcilla y limos de plasticidad media	30	2,40	4,90	7,00	7,00	7,00
	45	2,40	4,10	5,90	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,30	7,00
Arcilla y limos poco plásticos, arcillas arenosas y arenas arcillosas	30	4,50	7,00	7,00	7,00	7,00
	45	3,20	5,40	7,00	7,00	7,00
	60	2,50	3,90	5,30	6,80	7,00

Autor: Ángel Luis González Borrego - España-2010

FIGURA 23: Esquema de inclinación del talud



Autor: Ángel Luis González Borrego - España-2010

4.6.2 Entibados y apuntalamiento

Este proceso se lo realizará para el refuerzo de las paredes de una excavación con el fin de evitar el colapso, y el apuntalamiento es la aplicación de diferentes materiales para sostener las paredes de una excavación.

Cuando no sea posible emplear taludes como medida de protección contra el desprendimiento de tierras en la excavación de zanjas y haya que realizar éstas mediante cortes verticales de sus paredes se deberán entibar éstas en zanjas iguales o mayores a 1,30 m de profundidad. Igual medida se deberá tomar si no alcanzan esta profundidad en terrenos no consistentes o si existe sollicitación de cimentación próxima o vial.

Si el suelo es de tipo A, es decir de capas duras, no es necesario entibar ni apuntalar. Si el suelo es de tipo B o C, es necesario entibar, para el efecto utilizaremos la tabla o riel de eucalipto 0.20x2.40m y el apuntalamiento se lo hará con puntales del mismo material, diámetro 0.08m y el largo dependerá de la necesidad in situ. Todo este proceso se lo realizará manejando un buen criterio técnico, de forma tal que le permita a los obreros maniobrar sin ningún problema todos los trabajos restantes, como: drenaje, armado de acero estructural, colocación de columna, y peralte o altura de hormigonado del plinto, etc.

El tipo de entibación a emplear vendrá determinada por el de terreno en cuestión, si existen o no solicitaciones y la profundidad del corte como se indica en la siguiente tabla.

CUADRO 9: Elección del tipo de entibación

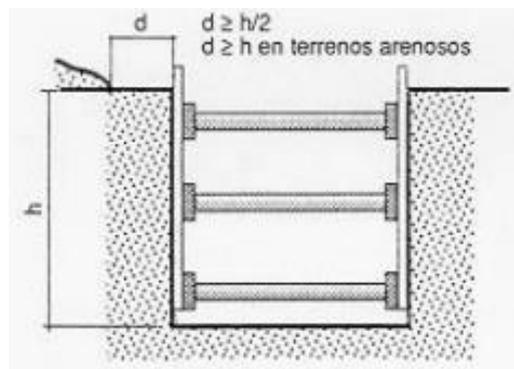
Tipo de terreno	Solicitud	Profundidad P del corte en m. *			
		< 1,30	1,30-2,00	2,00-2,50	> 2,50
Coherente	Sin solicitud	*	Ligera	Semicuajada	Cuajada
	Solicitud de vial	Ligera	Semicuajada	Cuajada	Cuajada
	Solicitud de cimentación	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada
Suelto	Indistintamente	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada

Autor: Ángel Luis González Borrego - España-2010

La entibación debe ser dimensionada para las cargas máximas previsibles en las condiciones más desfavorables. Las entibaciones han de ser revisadas al comenzar la jornada de trabajo, tensando los codales que se hayan aflojado.

Es importante indicar que los productos de la excavación que no hayan de retirarse de inmediato, así como los materiales que hayan de acopiarse, se apilarán a la distancia suficiente del borde de la excavación para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos o corrimientos de tierras en los taludes, debiéndose adoptar como mínimo el criterio de distancias de seguridad indicado en la siguiente figura.

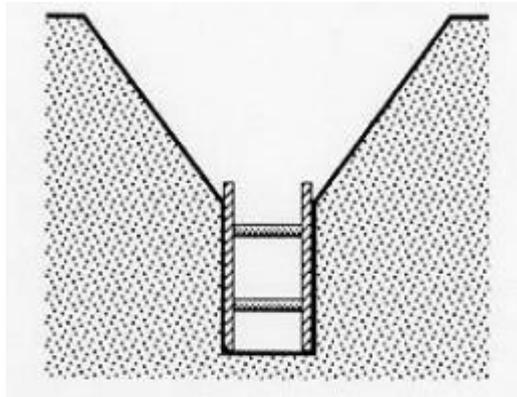
FIGURA 24: Esquema de entibamiento libre de sobrecarga



Autor: Ángel Luis González Borrego - España-2010

En algunos casos puede ser interesante emplear una combinación de talud y entibación.

FIGURA 25: Combinación de talud y entibación



Autor: Ángel Luis González Borrego - España-2010

4.6.3 Recomendaciones generales de seguridad

En los trabajos llevados a cabo en zanjas se producen con frecuencia accidentes graves o mortales a causa del desprendimiento de tierras. Por ello es necesario adoptar aquellas medidas que garanticen la seguridad de los trabajadores que tienen que llevar a cabo labores en el interior de las mismas. Bajo estas consideraciones realizaremos las siguientes recomendaciones:

- Las excavaciones que se protegen con inclinaciones deben vigilarse constantemente observando la presencia de fisuras, grietas, desmoronamientos, etc.
- Cuando se retiren los soportes o puntales, la excavación debe ser tapada de inmediato.
- Las excavaciones deben ser inspeccionadas cada día y después de cualquier modificación en el área de trabajo (lluvias, nevadas y otros fenómenos pueden alterar la superficie).

- Si en una excavación se combinan inclinaciones de paredes y entibados, estos últimos deben extenderse como mínimo unos 45cm por encima del borde inferior de la inclinación.
- Toda excavación deberá contar con medios apropiados de ingreso y egreso a la misma, es decir escaleras que superen 1.00m desde el nivel natural del terreno.
- La cantidad y las dimensiones de las escaleras o rampas para ingresar o egresar de una excavación estarán dadas por la cantidad de personal que trabaje en su interior y por la extensión de la misma, a fin de permitir una rápida evacuación desde cualquier punto en caso de producirse una emergencia.
- Si se observan señales de peligro se deberá retirar al personal hasta que la situación esté totalmente controlada.

4.7 Drenaje de cimentaciones

Debajo de un terreno muy saturado como el de nuestro caso, se producen grandes presiones hidráulicas. A fin de solucionar dicho problema tomaremos las siguientes precauciones en concordancia con la página web www.ingenierocivil.com.

- Zanja o acequia al contorno de la cimentación, la cual será una barrera que evitará que el agua subterránea cruce o llegue hasta nuestra superficie de cimentación.
- Pendiente del terreno para acelerar el escurrimiento del agua.

- Sistema de drenes los cuales son drenajes subterráneos que disminuyen niveles de saturación de humedad produciendo un desagüe paulatino del suelo por medio de tuberías agujereadas que se tapan con tres capas diferentes, una primera capa de rocas, una segunda de arena y finalmente la tercer capa constituida por la misma tierra que conforma el terreno (en la parte superior). La capa de material granular cumple la función de filtrar el agua evitando que por la tubería de drenaje fluyan impurezas, el cual se ubicará unos centímetros por debajo del nivel del cimiento. Todo el sistema tendrá una pendiente en el mismo sentido del movimiento natural de las napas de agua; con un destino final hacia la red colectora mencionada anteriormente.

4.7.1 Sistema de drenaje

De acuerdo con lo descrito en la metodología de abatimiento del nivel freático, se creará una zanja o acequia alrededor de la superficie del plinto y en los canales internos creados en la superficie de los plintos se colocará tubería perforada de PVC, diámetro 75mm, los cuales, dependiendo de la exigencia del agua subterránea se construirán de las siguientes formas:

4.7.1.1 Un solo canal:

En este caso el agua subterránea no será mayor y se lo realizará a un costado de cualquier lado del plinto, sin embargo se mantendrá el mismo lugar para el resto de plintos de tal forma que no desperdiciemos los materiales a utilizar y abaratemos los costos de operación y maniobra.

4.7.1.2 Dos canales

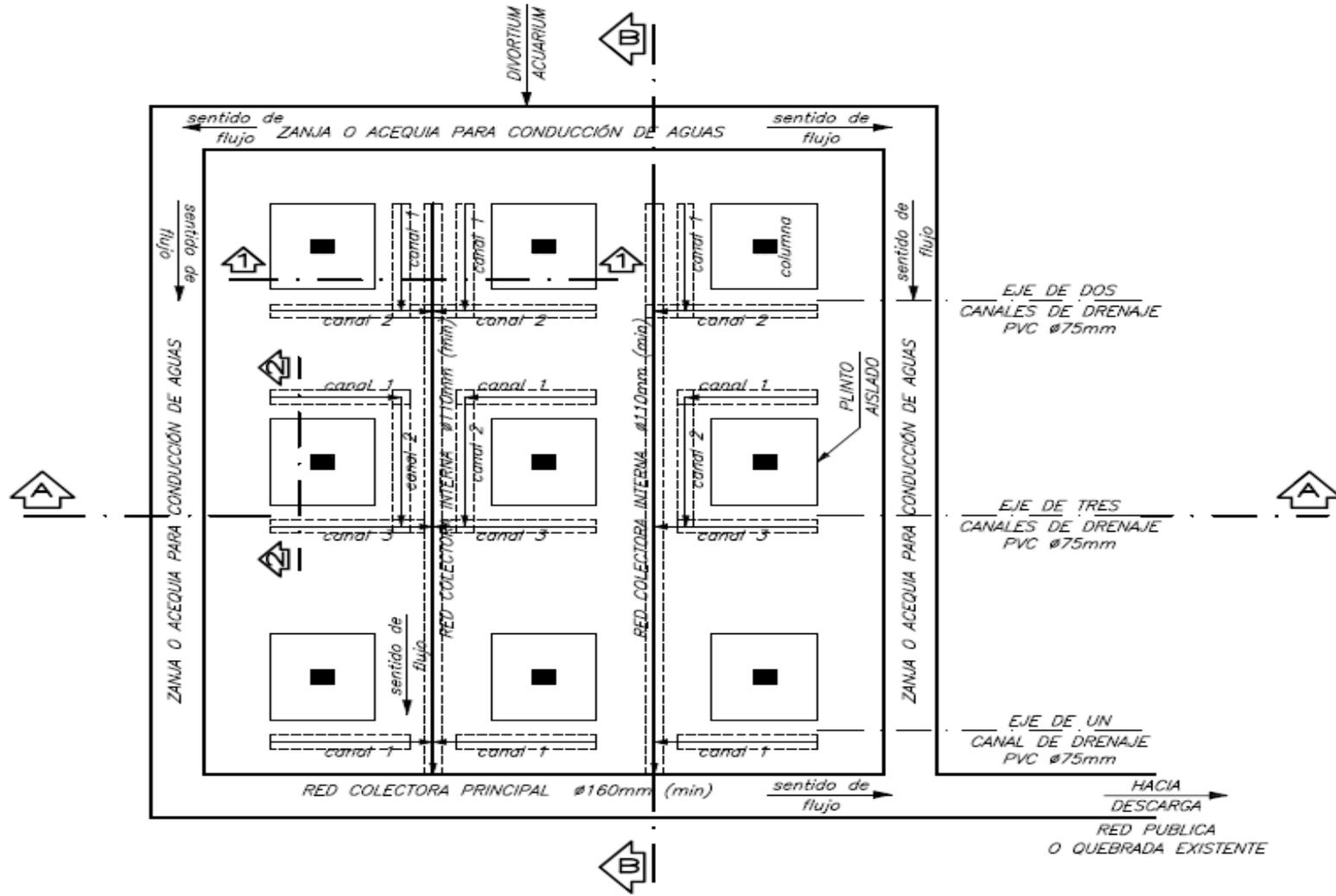
En este caso el agua subterránea es mayor al caso anterior y se lo realizará en dos costados del plinto, manteniendo el mismo lugar para el resto de plintos, como en el caso anterior.

4.7.1.3 Tres canales

En este caso el agua subterránea es muy difícil de manejar debido a la existencia de nivel freático muy alto y se lo colocará en tres costados del plinto.

En la siguiente figura se aprecia claramente el sistema de canales propuesto para nuestro estudio.

FIGURA 26: Sistema de drenaje para cimentaciones, propuesto

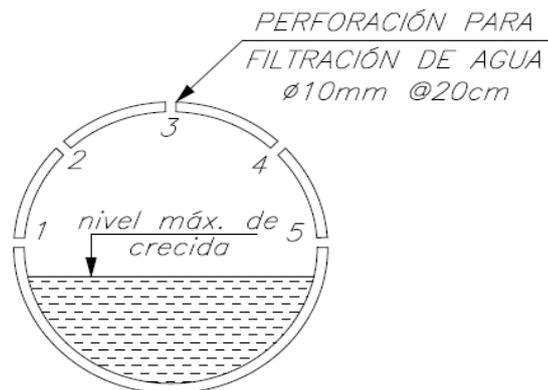


Autor: Eduardo Díaz

La tubería de drenaje ya sea esta para la red colectora principal (110mm) o para las redes secundarias (75mm) deben ser perforadas desde el nivel medio hacia arriba, de tal manera que el agua filtrante fluya por la parte inferior sin perforar.

Las perforaciones son de 10mm de diámetro a cada 20cm, a todo lo largo de la tubería.

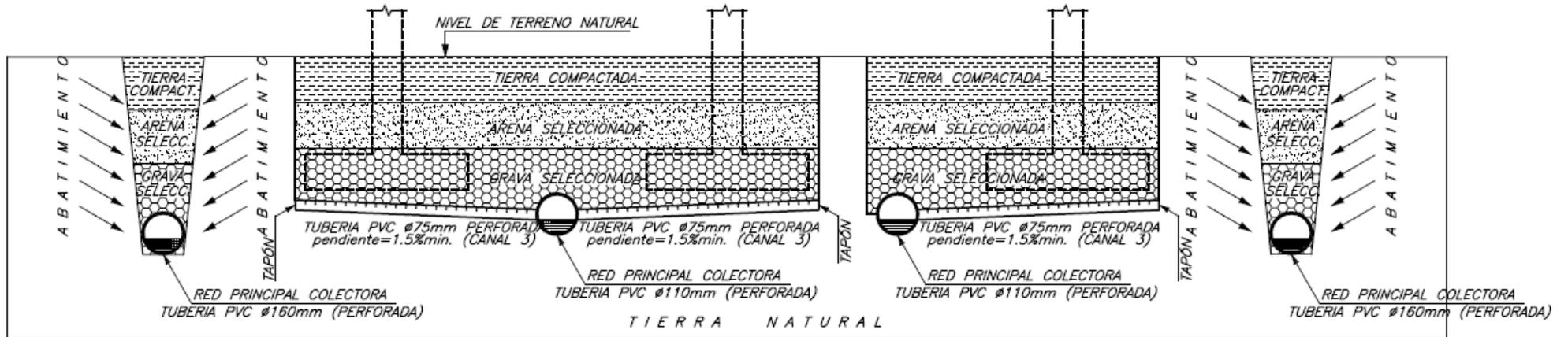
FIGURA 27: Detalle de tubería perforada 75mm y 110mm



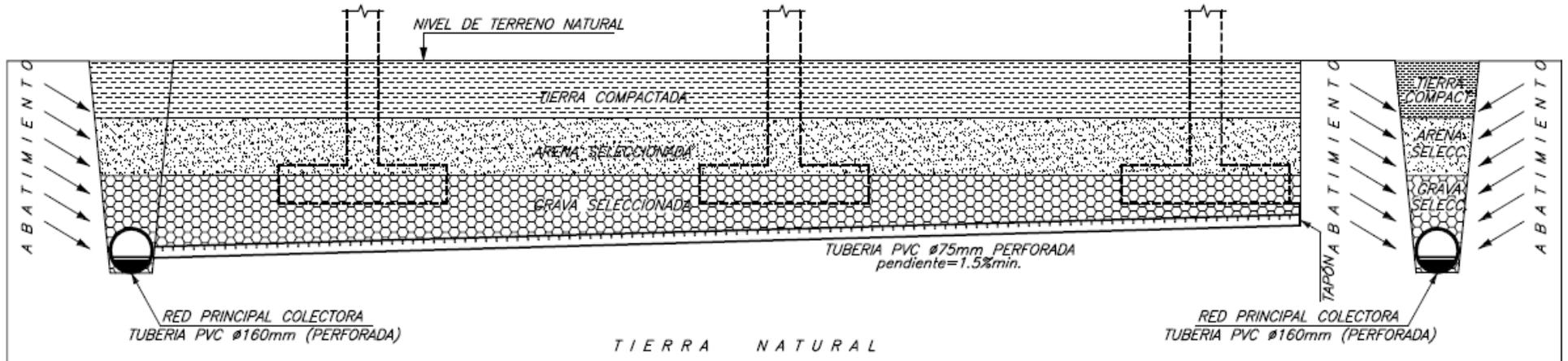
Autor: Eduardo Díaz

Posteriormente se colocará el material filtrante, compuesto por material granular, en este caso grava de dimensiones de 2 a 64mm, en su capa final se colocará el material propio de excavación compactado. En las figuras siguientes se observan los cortes transversales y longitudinales de los dos métodos propuestos de acuerdo a la figura 27 (Sistema de drenaje para cimentaciones, propuesto), en planta.

FIGURA 28: Secciones sistema de drenaje en cimentaciones (OPCIÓN 1)



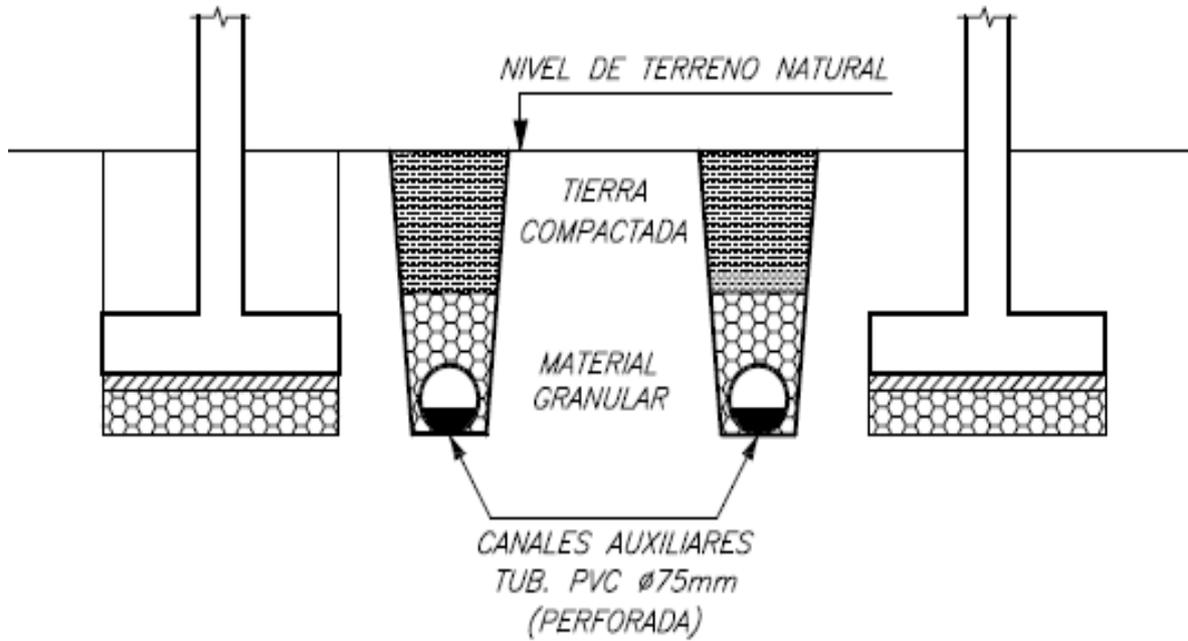
CORTE A-----A



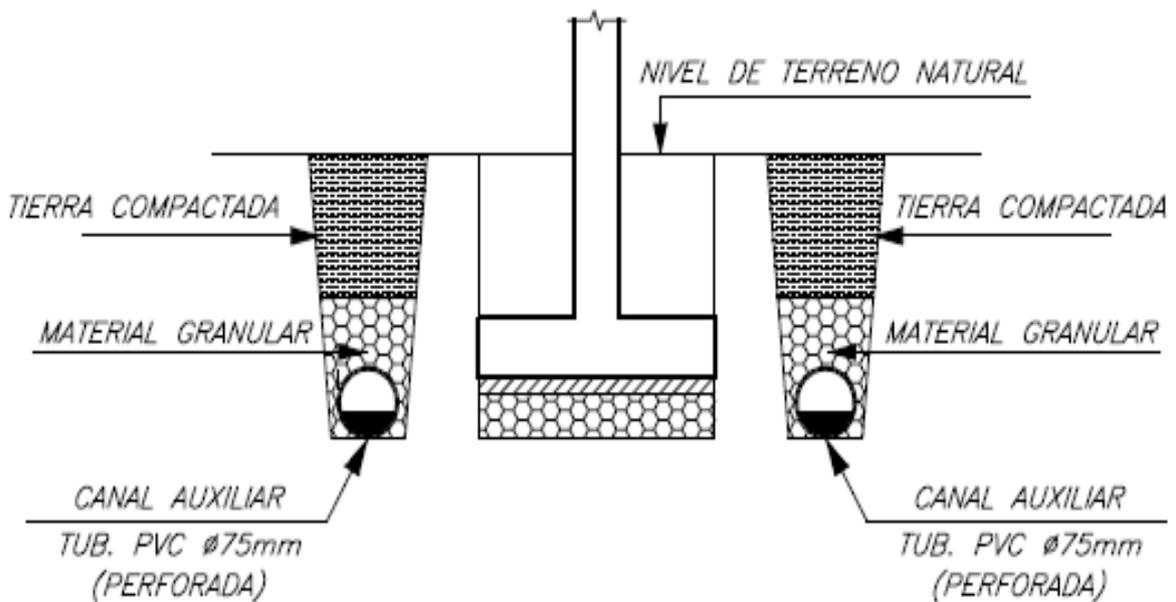
CORTE B-----B

Autor: Eduardo Díaz

FIGURA 30: Detalles generales (OPCIÓN 1)



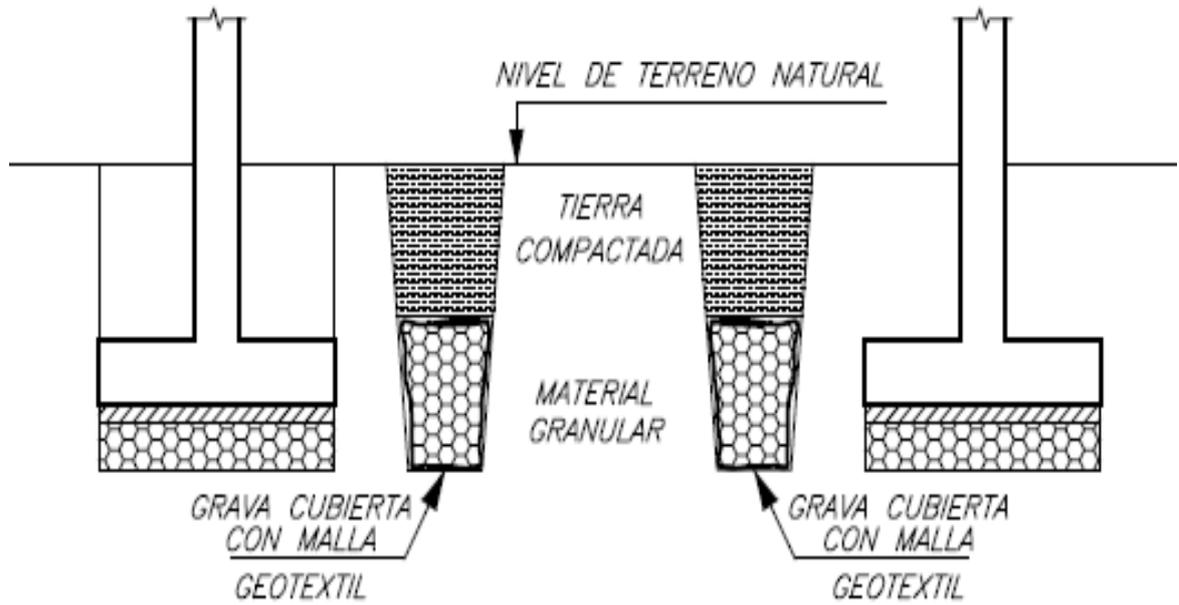
CORTE 1-----1



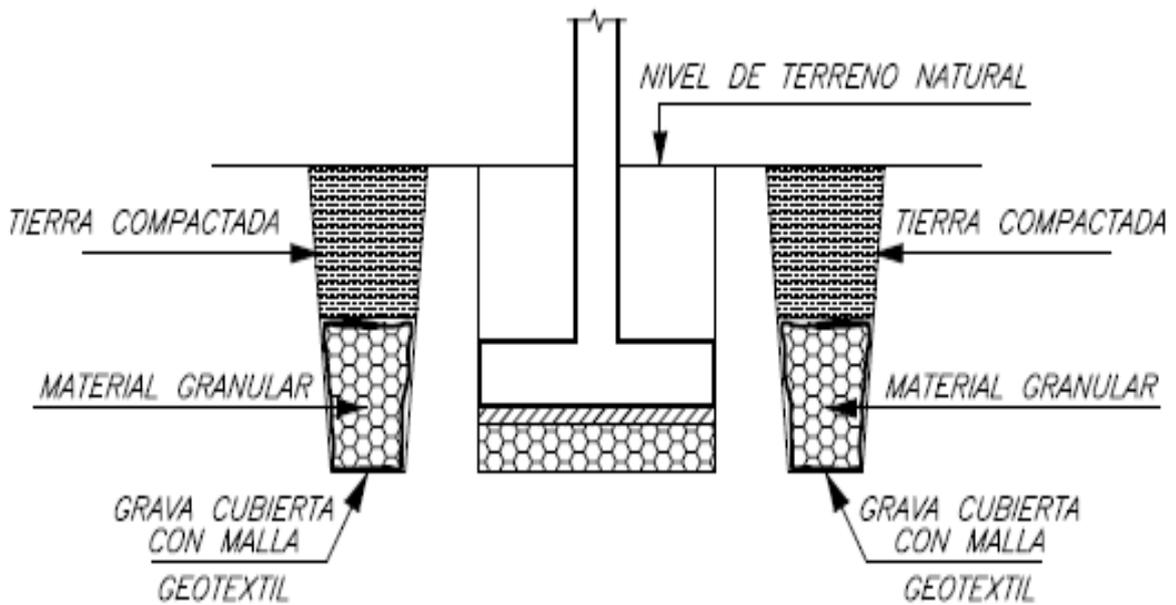
CORTE 2-----2

Autor: Eduardo Díaz

FIGURA 31: Detalles generales (OPCIÓN 2)



CORTE 1-1



CORTE 2-2

Autor: Eduardo Díaz

4.8 Criterios de la selección del material de filtro

Es sumamente importante que el material del filtro sea escogido cuidadosamente tomando en cuenta las características del suelo que se protegerá. Terzaghi y Peck propusieron una serie de criterios para la selección de un filtro, tomando en cuenta las características del suelo adyacente a ser protegido.

Entonces según Terzaghi y Peck recomiendan los siguientes criterios para satisfacer la estabilidad del filtro y proporcionar un aumento de permeabilidad.

1.
$$\frac{D_{15}(F)}{D_{85}(B)} < 4$$

2.
$$\frac{D_{15}(F)}{D_{15}(B)} > 4$$

3. La curva granulométrica del filtro debe ser aproximadamente paralela a la del material base.

Dónde:

$D_{15}(F)$, $D_{15}(B)$ = diámetros a través de los cuales pasa el 15% del material para el filtro y la base, respectivamente.

$D_{85}(B)$ = diámetro a través del cual pasa el 85% del material para la base.

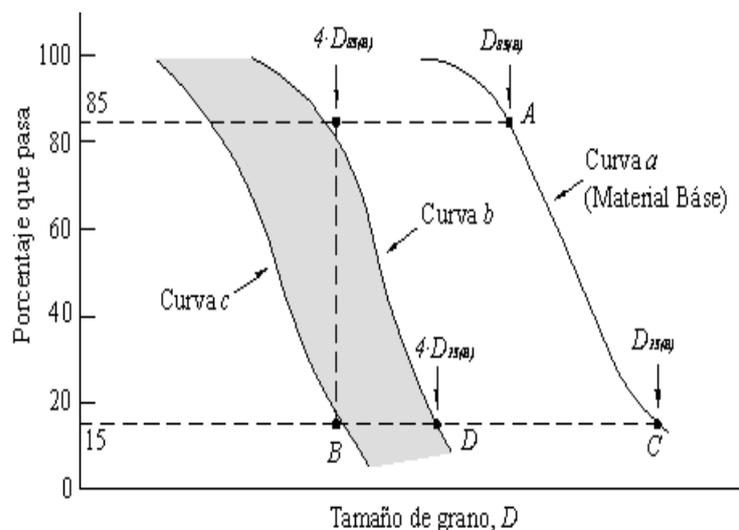
El primer criterio es para prevenir el movimiento de las partículas de suelo del material base a través del filtro.

El segundo criterio es para asegurar la permeabilidad del filtro.

La aplicación del criterio de selección del material de un filtro puede ser explicado usando la figura que se detalla a continuación, en la cual la curva (a) es la curva

de distribución tamaño de partículas del material base. Del criterio 1, $D_{15}(F) < 4 \cdot D_{85}(B)$ la abscisa del punto A es, $D_{85}(B)$ entonces la magnitud de $4 \cdot D_{85}(B)$, puede ser calculada, y el punto B cuya abscisa es $4 \cdot D_{85}(B)$, puede ser trazada. Similarmente, del criterio 2, $D_{15}(F) > 4 \cdot D_{15}(B)$ las abscisas de los puntos C y D son $D_{15}(B)$ y $4 \cdot D_{15}(B)$, respectivamente. Las curvas (b) y (c) son trazadas, las cuales son geoméricamente similares a la curva a y están limitadas con los punto B y D. En general un suelo cuya curva de distribución de tamaño de partículas caiga dentro de las curvas (b) y (c) es un buen material para el filtro. En algunos casos es necesaria la construcción de filtros de varias capas, lo cual no es aconsejable ya que son más costosos. Sin embargo a veces se tiene la necesidad obligada de construir este tipo de filtros, Para la selección del material de este tipo de filtros se sigue el mismo criterio, considerando al filtro más fino como material base para la selección de la granulometría del filtro más grueso. El diámetro de partículas máximo que se puede usar en un filtro no debe exceder de las 3" (75mm.), esto con el fin de disminuir la segregación y el acuñamiento, formando huecos entre las partículas grandes durante la colocación de los materiales del filtro. Se debe tener cuidado en la colocación de los materiales del filtro para evitar la segregación.

FIGURA 32: Relación de tamaño para la selección de material de filtro



Autor: DAS-1998

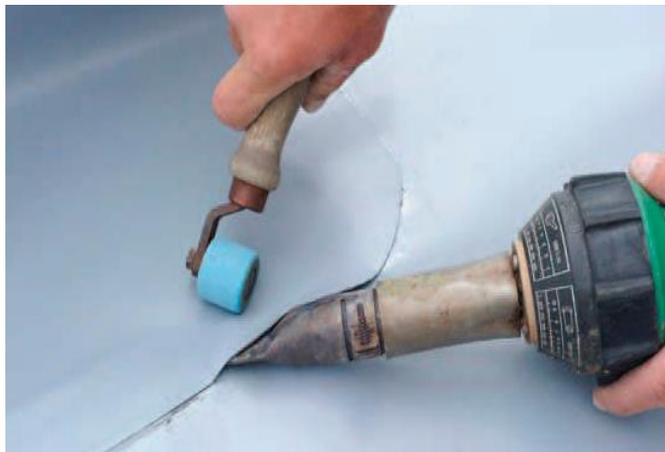
4.9 Impermeabilización y aislamiento de la humedad

4.9.1 impermeabilización del plinto

En esta etapa la impermeabilización de un plinto lo realizaremos con un material compuesto de policloruro de vinilo PVC. Es una membrana impermeabilizante de 2.00m de ancho, que se puede revestir en cualquier superficie y que tiene como principio fundamental la retención de líquidos, protección e impermeabilización de muchos elementos, entre estos fundamentalmente los elementos estructurales.

Para lograr cubrir grandes superficies, a la membrana se lo puede recortar de acuerdo a nuestra necesidad con lo cual lograremos aislar e impermeabilizar la estructura de nuestro plinto. El pegado o sellado entre membranas se lo realiza con un dispositivo eléctrico que emite calor, como el de una plancha casera. La función de este dispositivo es calentar los bordes de cada membrana hasta obtener una fusión entre estas dos.

FOTOGRAFÍA 12: Sellado entre membranas de PVC



Autor: <http://www.archiexpo.es/>

La instalación de esta la realizaremos previo al armado del acero estructural y fundición del mismo, cubriendo la superficie y paredes del plinto hasta el nivel inferior de cadenas de amarre o losa de cimentación. Para que la membrana recubierta se mantenga en esta posición, los bordes superiores se ajustarán mediante anclajes metálicos o remaches al terreno natural.

FOTOGRAFÍA 13: Instalación de membrana PVC y armado del acero estructural



Autor: tc iroofing.com

4.9.2 Aislamiento de la humedad en Contrapiso

Una vez logrado este proceso en toda la estructura de cimentación y con la finalidad de abatir en gran porcentaje la humedad, que por ascensión ataca ostensiblemente al Contrapiso y paredes de nuestras viviendas, colocaremos previo a la fundición de nuestro Contrapiso, la membrana de PVC, siguiendo el mismo procedimiento anterior, para englobar toda la superficie de fundición. Es importante recalcar la gran utilidad de esta membrana en este campo de acción ya que bajo ningún concepto se compara al polietileno o plástico negro utilizado tradicionalmente, ya que es manejable y no se rompe por contacto con el acero o alambre de amarre como suele suceder con el polietileno.

FOTOGRAFÍA 14: Instalación de membrana PVC previa fundición de contrapiso



Autor: Eduardo Díaz

4.10 Armado del acero estructural y fundición del plinto

4.10.1 Armado del acero estructural

De acuerdo al diseño estructural, se pueden utilizar los siguientes armados: parilla simple para plinto aislado, doblemente armado para zapata corrida, acero para vigas de cimentación o para losas de cimentación.

Para el caso de nuestro estudio lo más frecuente son los plintos aislados, por lo tanto se utilizará las parillas armadas en dos direcciones. Existen dos maneras para el armado del acero.

La primera es realizar el armado en la parte exterior, es decir en un lugar en el cual se pueda realizar las maniobras de doblado y amarre. Se utiliza este procedimiento por las siguientes razones:

- No existe entibado y apuntalado en las paredes del plinto.
- Dificultad de manejo, doblado y amarre del acero, en el interior del plinto.
- No se logra realizar el amarre en todos los nudos del plinto.
- No existe las condiciones adecuadas para que un obrero ingrese al fondo del plinto para realizar dichas maniobras.

En este caso, siempre se fijará la dimensión de la parrilla, 5cm menos a cada lado en relación a la dimensión total del plinto, para que no tengamos dificultad de ingresar y asentar este, en el fondo del plinto.

FOTOGRAFÍA 15: Armado de parrilla fuera del plinto



Autor: Eduardo Díaz

La segunda es realizar el armado en el sitio mismo (in situ). Se utiliza este procedimiento ya que el entibado y apuntalado colocadas para la protección de las paredes del plinto, no permite el ingreso de una parrilla armada. Únicamente el amarre para formar la parrilla se realizará en la parte interna del plinto, el resto de trabajos como el corte y doblado de ganchos se lo realizar para mayor facilidad en la parte externa.

FOTOGRAFÍA 16: Armado de parrilla en el interior del plinto y colocado de columna



Autor: Eduardo Díaz

4.10.2 Fundición del plinto

La fundición del plinto, una vez que ya este instalada la columna se lo realizará con mucha precaución, manteniendo la estructura permanente del entibado y apuntalado para evitar posibles deslizamientos de las paredes del plinto.

El hormigón para la fundición cumplirá con las normas establecidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC), para lo cual se realizará el diseño del hormigón con la finalidad de que se cumpla con la resistencia especificada en el código. De requerirse algún aditivo químico para ser agregado al hormigón, para mejorar las características o fraguado rápido, este deberá ser también considerado en el diseño del hormigón.

La fabricación del hormigón podrá ser prefabricada o fabricado en el sitio. Para un hormigón que sea fabricado en el sitio se utilizará una concreteira. No se podrá realizar hormigón manual en contacto con el suelo (tierra), ya que existes muchos residuos o basura que podrían tener contacto con nuestro hormigón, modificando las características de nuestro hormigón. El hormigonado se lo realizará también utilizando un vibrador, con la finalidad de que no se formen coqueas (vacíos) en nuestra estructura.

FOTOGRAFÍA 17: Fundición de un plinto con hormigón prefabricado



Autor: Eduardo Díaz

4.11 Comparación de costos

Para determinar cuál es la opción más adecuada económicamente se ha elaborado el análisis de precios unitarios de las tuberías perforadas para drenaje vs. Membrana geotextil y material filtrante, por metro lineal, los cuales se incluyen en el anexo 5 y se reflejan en las siguientes tablas de cantidades y precios, aclarando que los precios se han tomado de la base de datos de la EPMPAS, actualizados a Julio de 2015.

TABLA 1: Tabla de cantidades y precios (OPCIÓN 1)

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	P. TOTAL
TUBERÍA PVC PERFORADA DIAMETRO 75mm	m	1.00	5.58	5.58
TUBERÍA PVC PERFORADA DIAMETRO 110mm	m	1.00	5.82	5.82
TUBERÍA PVC PERFORADA DIAMETRO 160mm	m	1.00	12.28	12.28
RELLENO CON GRAVA	m3	0.60	23.62	14.17
			TOTAL	37.85

Autor: EPMAPS

TABLA 2: Tabla de cantidades y precios (OPCIÓN 2)

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	P. TOTAL
MEMBRANA GEOTEXTIL	m2	5.00	4.64	23.20
RELLENO CON GRAVA	m3	0.80	23.62	18.90
			TOTAL	42.10

Autor: EPMAPS

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La mejor propuesta, por costo y manejabilidad es la OPCIÓN No. 1, que incluye tuberías perforadas de varios diámetros.
- Se ha determinado que el nivel freático del sector es alto, por lo que las viviendas construidas sufren asentamientos, fisuras en paredes y losas y desprendimiento de enlucidos por ascensión de humedad capilar.
- Con el estudio realizado se beneficiará al 55% de la población, obteniendo construcciones de mayor calidad.
- El tipo de cimentación predominante para las construcciones que están construidas en el sector son zapatas aisladas, por lo que en gran porcentaje, con el estudio realizado se ha mantenido este tipo de zapatas, por ser relativamente manejables en la obra y no encarecen los proyectos.
- Para construcciones, cuyo diseño arquitectónico demanden de columnas con luces muy cortas necesariamente predominará la zapata combinada.
- Cuando el diseño estructural lo requiera, la excavación para las zapatas serán acampanadas para incrementar el área de esfuerzo del suelo.
- Para poder determinar el tipo de cimentación a utilizar, fue necesario conocer las propiedades y características de cada uno de los suelos encontrados, así como su granulometría y plasticidad.

- Se establecieron los distintos procesos constructivos de cimentación mediante los diferentes métodos utilizados en nuestro país y en otros países.

5.2 Recomendaciones

- El tiempo entre la excavación de los plintos y la fundición del mismo (replanto, parrilla, columna) no deberá sobrepasar las 4 horas puesto que el nivel freático se acumula ostensiblemente, dificultando las tareas de los obreros.
- El mejoramiento del suelo deberá realizarse con material granular (Base clase 3).
- La planificación de la exploración del subsuelo deberá realizarse en base a sondeos con el propósito de conocer las condiciones naturales en las que se encuentra el terreno donde se pretende construir, dicha exploración se llevará a cabo según el tipo de obra, se recomienda que la cantidad y profundidad de los sondeos sean propuestos por el ingeniero de suelos.
- Se sugiere que los profesionales, ingenieros civiles que se dedican a la construcción de cimentaciones, cuenten con los equipos, accesorios y mano de obra calificada para garantizar la calidad de los procesos constructivos de la cimentación.
- Sería conveniente que los entes reguladores de la construcción en nuestro país, tales como municipios, ministerios, etc., capaciten a los obreros para que los proyectos de construcción, cuenten con una mejor mano de obra calificada.

- Es importante respetar con las normas de diseño constructivas de nuestro país tales como las normas NEC relacionadas a las cimentaciones y de requerir otras normas adicionales, basarse en las normas ACI actualizadas.

CAPITULO VI

6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Rodríguez Ángel Muelas (2014) **Manual de Mecánica de suelos y cimentaciones**. España: UNED http://www.uned.es/dpto-icf/mecanica_del_suelo_y_cimentaciones/images/mecansueloycimentacionescap_1.pdf (Consulta: 20 de febrero de 2015).
- BRAJA M. DAS (1999) **Principios de Ingeniería de Cimentaciones** (4ta. Edición) EEUU: International Thomson Editores.
- Proaño Romo Marcelo. M.sc. **Temas de Hormigón Armado. Ecuador: ESPE** <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon09.pdf> (Consulta: 02 de marzo de 2015).
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011) **Geotecnia y Cimentaciones** <http://www.cimeg.org.ec/normasnec/NEC2011-CAP.9-GEOTECNIA%20Y%20CIMENTACIONES-021412.pdf> NEC-11 (Consulta: 10 de marzo de 2015).
- JUAREZ, Badillo – RICO, Rodríguez, (1992) **“Fundamentos de la Mecánica de Suelos”**, Tomo I y II. Tercera edición. Editorial Limusa. México.
- Villegas, P.G. y Sierra E.T. (1988). *Trabajos en Perímetros Confinados*. Madrid, España
- Comisión Nacional del Agua, (2007) **“Geotecnia en Construcción Especializada”**, Tlalpan, México, D.F.
- Manuel Arturo Guevara Anzules y Manuel Sierra Alvarado (2008-2009) **“Excavaciones Profundas”**, Guayaquil-Ecuador.

- Ralph B. Peck, Walter E. Hanson y Thomas H. Thornburn, **“Ingeniería de Cimentaciones”**, LIMUSA, NORIEGA EDITORES.
- Universidad Nacional Autónoma de México (1977), **“Diseño y Construcción de Cimentaciones”**, México, D.F.
- Wayne C. Teng (1962), **“Foundation Desing”**, Original U.S. Edition – Rs, USA.
- Grupo de Ingeniería Gráfica y Simulación, **“Cimentaciones”**, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales - Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC-2014, **“Geotecnia y Cimentaciones”**, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI-ECUADOR.

ANEXOS