

**COMPENDIO PRACTICO Y DIDACTICO DE INFORMACION SOBRE  
CIMENTACIONES QUE HACE PARTE DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS  
CONVENCIONALES APOYADO EN PRESENTACION VISUAL DINAMICA**

**MYRIAM JOHANNA MONCALEANO VALENCIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2006**

**COMPENDIO PRACTICO Y DIDACTICO DE INFORMACION SOBRE  
CIMENTACIONES QUE HACE PARTE DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS  
CONVENCIONALES APOYADO EN PRESENTACION VISUAL DINAMICA**

**MYRIAM JOHANNA MONCALEANO VALENCIA**

**Trabajo de grado requisito para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director de Proyecto:  
GUILLERMO MEJIA AGUILAR  
Ingeniero Civil, M.Sc.**

**Co-Director de Proyecto:  
CARLOS ALONSO CAMARGO  
Ingeniero Civil, Esp. Gerencia Proyectos de Construcción, Esp. Sistemas de  
Información Geográfica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2006**

A Dios o lo que me puso en este mundo, por darme la oportunidad de vivir y disfrutarlo, permitir conocer a las personas que me rodean, poder reír y llorar junto a ellos.

A mi Mami Miryam por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, de siempre querer lo mejor para mi y procurar que llegue muy lejos, por apoyarme en todo, por sus consejos, sus enseñanzas, solo gracias a ella soy lo que soy y tengo lo que tengo.

A mi novio Juan Pablo por estar junto a mí en el momento más clave de mi carrera, y compartir una de las etapas más representativas en mi vida, por hacer parte de mi mundo, por su apoyo y cariño incondicional y por finalmente entender que Querer es Poder.

A mis Muchachos y a las Niñas, a esos 20 escoltas que me cuidaron, apoyaron, ayudaron y aguantaron durante estos años, gracias por alejar cualquier chulo que quiso acercarse, a las niñas por su sincera y grata amistad, por escuchar mis quejas y también por aguantarme, a todos por ser unos alcahuetas y permitirme vivir y gozar todos los buenos momentos que compartimos...

iii VAMOS MUCHACHOS!!!

Mimí

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Guillermo Mejía Aguilar**, Ingeniero Civil, M.Sc, profesor planta de la Escuela de Ing. Civil UIS. Por instruirme a lo largo de mi formación profesional mediante sus cursos y por su grata colaboración, orientación y continuas recomendaciones durante la dirección de este proyecto.

A **Carlos Alonso Camargo**, Ingeniero Civil, Esp. Gerencia Proyectos de Construcción, Esp. Sistemas de Información Geográfica, Profesional de Planeación UIS. Por su interés y apoyo en la culminación de mi formación profesional, por su participación como co-director de manera incondicional además de su constante ayuda, por su disposición y múltiples recomendaciones con sus charlas como amigo que compartió sus experiencias adquiridas.

A **German Quiñónez**, Diseñador Industrial. Por su cooperación con su creatividad y ayuda como amigo y observaciones como profesional, por la solución a muchas dudas que aportaron en la última etapa de este proyecto.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	<b>16</b>
<b>1 EXCAVACIONES</b>	<b>17</b>
1.1 Suelos	17
1.2 Técnicas y tipos de excavaciones	24
1.3 Equipo y maquinaria	35
1.4 Entibados	44
1.5 Drenajes y evacuacion de agua	49
<b>2 CIMENTACION</b>	<b>55</b>
<b>2.1 Cimentaciones superficiales</b>	<b>62</b>
<b>2.1.1 Cimientos básicos</b>	<b>64</b>
2.1.1.1 Cimiento ciclópeo	65
2.1.1.2 Cimiento de concreto reforzado	67
2.1.1.3 Cimiento mixto	70
2.1.1.4 Casos especiales	72
<b>2.1.2 Zapatas</b>	<b>74</b>
2.1.2.1 Zapatas aisladas	76
2.1.2.2 Zapatas corridas	79
<b>2.1.3 Losas o placas de cimentación</b>	<b>84</b>
<b>2.2 Cimentaciones profundas</b>	<b>87</b>
2.2.1 Pilotes	90
2.2.2 Encepados	100
2.2.3 Pilas y caissons	103
<b>2.3 Cimentaciones especiales</b>	<b>106</b>
2.3.1 Muros de contención y estribos	106
2.3.2 Pozos de cimentacion	112
2.3.3 Cimentaciones de maquinas	114
2.3.4 Cimentacion de tuberias	115
<b>3 APLICACIONES DE NORMAS</b>	<b>120</b>
3.1 Seguridad industrial	120
3.2 Manejo y control ambiental	127
<b>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>132</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>134</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Aspectos de la corteza terrestre	16
Figura 2. Formaciones de rocas sedimentarias	17
Figura 3. Perfeccionamiento del talud de excavación	27
Figura 4. Efecto de presiones de filtración en una excavación	28
Figura 5. Señalización	31
Figura 6. Excavación en zanja	31
Figura 7. Excavación apuntalada con vigas metálicas	32
Figura 8. Pala excavadora frontal	34
Figura 9. Retroexcavadora	36
Figura 10. Pala niveladora	37
Figura 11. Bulldozer	38
Figura 12. Motoniveladora	40
Figura 13. Escarificadora	41
Figura 14. Tractor	42
Figura 15. Componentes principales de una entibación	44
Figura 16. Tablestacados de madera	45
Figura 17. Muro pantalla	46
Figura 18. Pozos con filtro tubular	49
Figura 19. Estudio en suelo por electroósmosis	50

Figura 20. Asentamientos	59
Figura 21. Muro medianero	63
Figura 22. Cimiento intermedio	63
Figura 23. Colocación capa de piedra	65
Figura 24. Cimiento de concreto reforzado	66
Figura 25. Colocación de canasta	67
Figura 26. Vibrado de hormigón	67
Figura 27. Cimiento mixto	70
Figura 28. Cimiento en mampostería de ladrillo	70
Figura 29. Tratamiento a los terrenos inclinados	71
Figura 30. Sobrecimiento	72
Figura 31. Zapata aislada centrada	75
Figura 32. Zapata corrida bajo muro	78
Figura 33. Zapata combinada	78
Figura 34. Disposición de la armadura	84
Figura 35. Edificación sobre pilotes	86
Figura 36. Pilotes según el material	91
Figura 37. Hormigonado por tubo central de un pilote <i>in situ</i>	94
Figura 38. Encepado para tres pilotes	99
Figura 39. Tipos de encepados	100
Figura 40. Caisson	102
Figura 41. Muro de contención en forma angular	107

Figura 42. Pozo de cimentación para un puente	111
Figura 43. Cimentación de máquinas	113
Figura 44. Red de tuberías	115
Figura 45. Cimentación de tuberías	117

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación de rocas de acuerdo con su formación	18
Tabla 2. Clasificación de pilotes según su material	90
Tabla 3. Costos de accidentes	120
Tabla 4. Criterios de evaluación de higiene industrial	122

## LISTA DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Resumen de las causas de los accidentes	119
Gráfico 2. La seguridad como un sistema	124

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. Clasificación de vulnerabilidad encontrada en el suelo de cimentación.
- ANEXO B. Clasificación de vulnerabilidad encontrada en una obra de cimentación.
- ANEXO C. Clasificación de vulnerabilidad en una cimentación según la conformación por vigas de amarre.
- ANEXO D. Construcción en hormigón (concreto).
- ANEXO E. Hormigón armado (reforzado).
- ANEXO F. Puntos más importantes de supervisión, durante el proceso de ejecución de una zapata.
- ANEXO G. Puntos de supervisión más importantes en la ejecución de un pilote.
- ANEXO H. Los puntos más importantes de supervisar durante la ejecución de un caisson.
- ANEXO I. Norma y manuales vinculados a los temas tratados anteriormente.
- ANEXO J. Resumen del contenido del presente libro.
- ANEXO K. Presentación visual dinámica en el software Macromedia Flash.

## RESUMEN

**TITULO:**

COMPENDIO PRACTICO Y DIDACTICO DE INFORMACION SOBRE CIMENTACIONES QUE HACE PARTE DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CONVENCIONALES APOYADO EN PRESENTACION VISUAL DINAMICA<sup>x</sup>

**AUTORA:**

MONCALEANO VALENCIA, Myriam Johanna.<sup>xxx</sup>

**PALABRAS CLAVES:**

Excavación, Equipo para excavación, Cimentación, Aplicaciones de normativa en obra.

**DESCRIPCION:**

El objetivo principal de esta compilación es presentar, de manera clara y fácil de comprender, los diferentes sistemas constructivos convencionales para fundaciones, de tal manera que sirva para complementar y perfeccionar el aprendizaje de los alumnos de pregrado de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

En el texto se describen los diferentes sistemas que hacen parte de los tipos de cimentación que encontramos en nuestra sociedad, como también los procesos de ejecución de cada uno de estos. Se busco dar una breve introducción al tema principal describiendo la variedad de elementos que influyen y aportan a la ejecución de estos sistemas, teniendo en cuenta aspectos como geotecnia, equipos para construcción y excavaciones; también para finalizar el desarrollo del libro encontramos diferentes aplicaciones de normativas en obra.

Se pretende implementar la utilización de medios didácticos para soportar por medio de fotografías o figuras, como en este caso, o videos de manera más avanzada, los múltiples conceptos adquiridos durante la formación profesional como novedad en la presentación de una tesis de grado.

---

<sup>x</sup> Tesis de Grado

<sup>xxx</sup> Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas  
Escuela de Ingeniería Civil  
Director Guillermo Mejía Aguilar, Ing. Civil M.Sc

## ABSTRACT

### TITLE:

PRACTICAL AND DIDACTIC SUMMARY OF INFORMATION ABOUT FOUNDATIONS THAT MAKES PART OF THE CONVENTIONAL CONSTRUCTIVE SYSTEMS SUPPORTED IN DINAMIC VISUAL PRESENTATION<sup>❧</sup>

### AUTHOR:

MONCALEANO VALENCIA, Myriam Johanna.<sup>❧❧</sup>

### KEY WORDS:

Excavation, Equipment for excavation, Foundation, Applications of normative in construction.

### DESCRIPTION:

The principal aim of this compilation is to present, in a clear and easy mode of understanding, the different conventional constructive systems for foundations, so that it serve to supplement and to perfect the learning of the students of pregrado of the Civil Engineering School of Industrial University of Santander (UIS).

In the text the different systems that make part of the foundation types that we find in our society are described, as well as the execution processes of each one of these. It is looks for to give a brief introduction to the main topic describing the variety of elements that influence and contribute to the execution of these systems, having in bill aspects like geotechnics, equipment for construction and excavations; likewise to conclude the development of the book we find different applications of normative in construction.

It is pretend to implement the use of didactic facilities to support by means of pictures or figures, like in this case, or videos in a more advanced way, the multiple acquired concepts during the professional formation as novelty in the presentation of a grade thesis.

---

<sup>❧</sup> Thesis of Grade

<sup>❧❧</sup> Physics-Mechanics Engineering Faculty  
Civil Engineering School  
Advisor Guillermo Mejía Aguilar, Civil Engineer, M.Sc

## INTRODUCCION

Dada la necesidad de ampliar nuestro horizonte frente a los cada vez mas exigentes requerimientos educativos, buscando estos, una formación integral en las Universidades con una mayor facilidad de entendimiento por los estudiantes, se ha decidido, como una propuesta diferente, realizar una investigación de tipo descriptivo sobre uno de los sistemas constructivos convencionales existentes, entregando los resultados en el presente manual donde se hace una valoración rigurosa de los procesos a desarrollar con una interpretación basada en la comparación y generalización requiriendo así el pensar reflexivo del lector.

El objetivo principal es compilar en un texto guía, que busca transmitir al estudiante definiciones, clasificaciones y categorías, teorías y estructuras, principios, aplicaciones y generalizaciones que se pueden encontrar en los procesos de un sistema constructivo convencional, apoyada toda esta investigación con registros fotográficos de situaciones que se presentan en nuestra sociedad dentro de una obra, mostrando así al estudiante o al lector, posibles errores y fallas en su realización, planteando una solución a dichos problemas.

Se incluyen observaciones y detalles acerca de la construcción de los diferentes sistemas, señalando posibles errores en sus características físicas generales, a fin de promover en el estudiante de pregrado, una visión clara de sus procedimientos técnicos y reales de ejecución.

Creando un apoyo a la implementación de una educación basada en las nuevas tecnologías, se genera, como anexo al documento, una presentación en software Macromedia Flash, que respalda la información suministrada en dicho compendio, con la cual se busca dar un inicio a la creación de una página Web de consulta, ofreciéndola de una manera práctica y bastante didáctica para su fácil comprensión temática, haciendo de esta una Universidad con alta capacidad científica y tecnológica.

# 1 EXCAVACIONES

## 1.1 SUELOS

### 1.1.1 Suelos

Por medio de la geología y la mecánica de suelos, como dos formas de estudio que permiten determinar la naturaleza, la formación de la tierra y un análisis matemático, se obtienen comportamientos de los materiales ante las estructuras, para relacionarlos con la estabilidad del suelo ante la obra.

El suelo va a ser estable para una cimentación y no habrá inconveniente en construir, si éste es compacto y los espesores, la resistencia y extensión de las capas o estratos que lo conforman son reconocidos: por el contrario si el suelo es compresible, con estratos variables y de pequeño espesor, la cimentación tendrá problemas de estabilidad.

#### **A *Parte geológica***

La geología nos define un terreno como la agrupación de minerales importantes, o sea que un terreno esta formado por la reunión de rocas diversas; las rocas son aglomeración de minerales que constituyen la casi totalidad de la corteza terrestre.

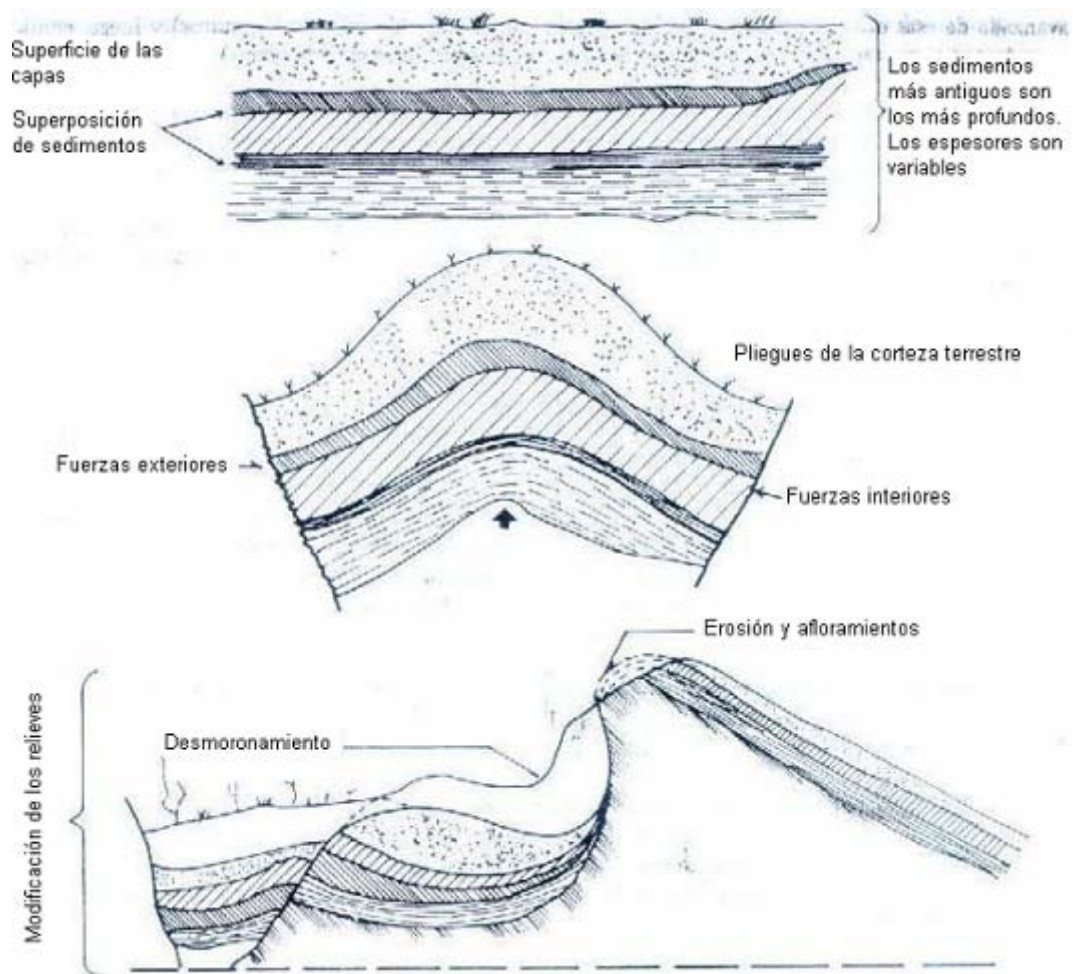
Los factores climáticos afectan los aspectos de la corteza terrestre (Ver figura 1), lo que ha dado las modificaciones a las estructuras de las rocas; una roca sedimentaria está constituida por los sedimentos; los sedimentos ya agrupados, originan las capas o estratos limitados por juntas visibles o no, que se ven alteradas por la erosión, desmoronamientos y afloramientos por acumulación de sedimentos.

De la metamorfosis por alteración e intercambio químico-físico de las rocas sedimentarias, se obtienen otras rocas que son las metamórficas. Las temperaturas, las fallas o pliegues, las presiones por gases o vapores internos, son aspectos vinculados a estas transformaciones, que en combinación producen la composición química de la roca. El contacto de las rocas con agrupación del

magma o lava, procedente de grandes profundidades con temperaturas y composiciones muy altas y variadas, conforma las rocas ígneas abundantes en la corteza terrestre dando otro enfoque dentro de la formación de la roca (Ver figura 2).

Los fósiles y los indicios de animales y vegetales, incluidos en las capas de rocas sedimentarias en la época de formación, ilustran la historia de la vida en una división de los tiempos geológicos y permiten situar cambios climáticos, así como el origen y la antigüedad de la roca.

Figura 1. Aspectos de la corteza terrestre.



Fuente: Libro Construcción I (Obra negra).

Figura 2. Formaciones de rocas sedimentarias.



Fuente: Libro Construcción I (Obra negra).

Las variedad de rocas se pueden clasificar con base en los sedimentos que forman la mayoría de las rocas, como compuestos de calcio (Ca) o de sílice (Si).

Las rocas según nos muestra en su libro Luis Guerrero<sup>†</sup> se clasifican de la siguiente manera:

A. Clasificación de rocas de acuerdo con su origen:

- a. Rocas magnéticas (ígneas).
- b. Rocas intrusivas o eruptivas de profundidad.
- c. Rocas volcánicas o eruptivas de superficie.
- d. Rocas metamórficas.
- e. Rocas sedimentarias.

B. Clasificación de rocas de acuerdo con su formación (Ver tabla 1):

---

<sup>†</sup> GUERRERO PARDO, LUIS ALVARO. GOMEZ TRIVIÑO, BERNARDO. Santa Fe de Bogota 1997. Construcción I (Obra Negra). Universidad Santo Tomas - USTA. p. 76.

Tabla 1. Clasificación de rocas de acuerdo con su formación.

Rocas sedimentarias o exógenas	Orgánicas: Combustibles, calizas, yesos
	Químicas: tierras rojas
	Detríticas: loess, arcillas margas, conglomerados
Rocas metamórficas	Mármoles, micasquitos, gneis
Rocas ígneas	Piedra pómez, basaltos, granitos, dioritas, etc.

Fuente: Libro Construcción I (Obra Negra).

### C. Clasificación de rocas de usos corrientes:

Las rocas empleadas en construcción, deben presentar características mecánicas y estéticas que ofrezcan excelentes garantías de longevidad. Dentro de su formación las rocas pueden presentar alteraciones en su estructura; grietas o resquebrajaduras, hilos o pelos que son venas delgadas de material terroso que absorbe humedad, vetas que se encuentran rellenas de material, terrazas que son hendiduras o cavidades y otra serie de fallas que alteran la estabilidad de grandes volúmenes de roca, necesarios para la construcción.

La denominación y clasificación de los suelos se hace por medio de análisis sencillos. Existe el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (U.S.C.S.) que permite identificar tierras no aglomeradas con base en la granulometría, la plasticidad (límites) y las materias orgánicas.

#### 1.1.2 Formaciones geológicas

Se deben estudiar los diferentes tipos de estructuras dentro del desarrollo geológico.

Los estratos agrupan una dirección o rumbo y una inclinación.

Las fallas son fracturas en la corteza de la tierra a lo largo de la cual el movimiento de las rocas ha ocurrido; las roturas o fracturas se llaman placas de falla.

Los movimientos de la atmósfera en dirección paralela a la superficie terrestre llamados vientos, y los movimientos verticales, conocidos como corrientes de aire, son factores por considerar en los trastornos que puede sufrir la tierra y que crean modificaciones.

El agua que se presenta en una zona saturada (llena de agua) de espesor variable debajo de la superficie de la tierra, se conoce como agua subterránea.

El nivel de agua que asciende a una altura determinada por los mínimos espacios de acomodación entre las partículas de suelo, capilaridad, es denominado nivel freático.

En el tratamiento de la construcción, estos efectos de agua subterránea o de nivel freático deberán tenerse presentes en el desarrollo mismo de los trabajos, ya que estos niveles se pueden encontrar a pocos centímetros de la superficie o a muchos metros de profundidad.

### **1.1.3 Los suelos**

De cierta forma, independientemente del aspecto geológico, los suelos se estudian a partir de sus comportamientos.

El suelo será utilizado para soportar estructuras y terraplenes, también como material de construcción. Se debe proyectar el cimiento o la estructura para la retención o sostenimiento del terreno en excavaciones, demostrando la intervención del suelo en cada problema particular en el desarrollo de la obra. Por los efectos de la carga que se pueda aplicar los suelos generalmente admiten determinada deformación; esta deformación del suelo varía de acuerdo con el tipo, la colocación de las partículas dentro del grupo, la cantidad de carga y el posible deslizamiento o acomodación de cada partícula con respecto a los espacios.

El suelo internamente presenta estados físicos o fases que pueden variar desde la falta de una hasta la presencia total de cada fase en un suelo. Las fases se deducen a partir de los pesos probables hasta los volúmenes que ocupan.

En su libro Luis Guerrero<sup>†</sup> nos describe las partículas que predominan en el suelo como sigue:

#### **A Fracciones gruesa**

##### **1. Bloques.**

---

<sup>†</sup> GUERRERO PARDO, LUIS ALVARO. GOMEZ TRIVIÑO, BERNARDO. Santa Fe de Bogota 1997. Construcción I (Obra Negra). Universidad Santo Tomas - USTA. p. 87-88.

2. Boleos o bloques medios: Se clasifican como elementos muy estables, utilizados para terraplenes y para dar sostenimiento o estabilidad a los cortes inclinados (taludes). Por su tamaño y peso, su presencia en los depósitos naturales de suelo tiende a mejorar su capacidad, facilitando una cimentación. Las angulaciones o puntas dentro de los bloques aumentan notoriamente la estabilidad.

3. Gravas: Las gravas pueden ser gruesas y finas. Técnicamente se denominan con la letra G.

4. Arenas: Las arenas pueden ser gruesas, medias y finas, nombradas así por tamaños intermedios. Técnicamente se denominan con la letra S.

Las propiedades de las gravas y arenas son esencialmente las mismas, aunque con ciertas variaciones. Son fáciles de compactar y resultan poco afectadas por la humedad. Las gravas suelen ser más estables frente al flujo de agua y más resistentes a la erosión y al paso de agua por filtración. Las arenas y gravas bien gradadas, o sea, bien parejas en tamaño, son generalmente menos permeables (paso de agua entre los suelos por sus espacios) y más estables que aquéllas deficientemente empleadas con granulometría no uniforme. La arena fina uniforme tiene características próximas a un limo; es decir, disminuye el paso de agua entre sus espacios y reduce su estabilidad al aumentar la humedad.

## **B Fracciones finas**

1. Limos: Partículas de tamaño muy reducido, son inestables por su propia naturaleza, particularmente cuando aumenta la humedad, con tendencia a moverse o fluir en estado de saturación. Son relativamente impermeables difíciles de compactar para obtener resistencia, presentan características de elasticidad. Se denominan con la letra, M.

2. Arcillas: Son partículas que presentan propiedades de moldeo y manejabilidad (plásticas) dentro de una amplia variación de humedad y de una gran resistencia al secar al aire.

La característica de las arcillas es la unión entre partículas dando resistencia. La permeabilidad de las arcillas es muy baja. Son difíciles de compactar; compactadas son resistentes a la erosión. Aumentan o disminuyen su volumen ocupado con la presencia de aguas. Las variaciones en el comportamiento de las

arcillas dependen del tamaño y la forma, de su composición mineral y del medio químico que comprenda. Se denominan con la letra C.

Dentro de la descripción general debemos agrupar la materia orgánica, denominada con la letra O. Varía de tamaño y se da en diversas formas de descomposición.

Se comprime disminuyendo el volumen ocupado por el material orgánico de malas propiedades, alterando la capacidad de soporte; se puede descomponer o separar formando vacíos internos, haciendo variar las propiedades del suelo por alteraciones químicas, lo que indica que el suelo orgánico debe ser rechazado totalmente en obra.

En los suelos se presentan los efectos de la fuerza aplicada (carga de la obra) y el peso propio, introduciendo así el concepto de esfuerzo. Los análisis de los esfuerzos se estudian en función de las fuerzas normales (verticales y horizontales), las fuerzas tangenciales (dirección vertical y horizontal) que al agruparlas proporcionan los valores de los esfuerzos sobre el suelo.

Los esfuerzos se toman teniendo en cuenta la fuerza sobre el área total. El determinar los esfuerzos definirá un valor como la capacidad de soporte de cargas sin presentar fallas ni deformaciones que tendrán, que ser comparadas con la carga que se levantará en la construcción con un valor menor al soporte por parte del suelo.

El cimiento garantizará la estabilidad, aumentando los límites de carga por soportar y transmitiéndola a capas más consistentes.

La mecánica de los suelos, nos da una descripción y comportamiento de la superficie ante la acumulación de cargas.

## 1.2 TECNICAS Y TIPOS DE EXCAVACIONES

### 1.2.1 Generalidades

Es sumamente importante determinar, de acuerdo con el esfuerzo necesario para hacer la excavación, cual es el tipo de terreno donde se va a construir, ya que de esto depende el ancho de la cimentación que se construirá.

Antes de dar inicio a la ejecución de una excavación, es preciso efectuar varias operaciones en el terreno natural. Entre ellas se cuentan<sup>†</sup>:

- 1) Desmalezar.
- 2) Remover estructuras y árboles existentes.
- 3) Descapotar.
- 4) Nivelar el terreno.
- 5) Señalizar obras y colocar protecciones.
- 6) Planificar la circulación de vehículos, maquinarias y personas.
- 7) Planificar el retiro de escombros.
- 8) Proteger estructuras y árboles existentes.
- 9) Determinar claramente las técnicas a emplear para la excavación del agua subterránea o de superficie.
- 10) Precauciones especiales con el medio ambiente.

Posteriormente es necesario efectuar el trazado de la obra dejando señales claras de referencia. Previo a iniciar cualquier obra definitiva, una vez realizadas las excavaciones, es necesario verificar todo el replanteo nuevamente debido a que una estructura mal replanteada o ubicada es, tal vez, el error constructivo que más consecuencias negativas puede traer.

---

<sup>†</sup> SOLMINIHAC TAMPIER, HERNAN E. DE. THENOUX ZEBALLOS, GUILLERMO. Universidad Católica de Chile. 2002. Procesos y Técnicas de Construcción. Ed. Alfaomega – México. p.185.

Como primer paso en la construcción de cimentaciones, se encuentra la excavación del suelo o roca que yace bajo la superficie y por encima del nivel de dicha cimentación. Por lo tanto las excavaciones tienen como función preparar el terreno para la futura construcción del sistema de cimentación propuesto. Generalmente el proceso constructivo y método de excavación son elegidos por el Ingeniero Contratista, aunque en algunos casos se recomienda directamente por el diseñador.

*Excavaciones para cimientos:* Las zanjas son excavaciones dentro de las cuales se construyen la cimentación de una construcción. El ancho y la profundidad de esta excavación serán de un tamaño adecuado a las dimensiones de los cimientos que se van a construir, de lo contrario no cabra el cimiento, si es que esta muy angosta o se desperdiciara trabajo si se hace más ancha y profunda.

*Conocimiento de la resistencia del terreno:* Para construir una cimentación es necesario eliminar la capa de tierra vegetal superficial que es la menos resistente, cuyo espesor es muy variable. Retirada la capa de tierra vegetal, se recomienda hacer una pequeña excavación hasta de 50cm de profundidad para conocer la dureza del terreno.

Una excavación puede hacerse empleando variadas técnicas y equipos diferentes. Algunas condiciones y restricciones, según Solminihac<sup>†</sup>, a ser consideradas son:

- Tipo de proyecto de ingeniería.
- Tamaño y profundidad de la excavación.
- Tipo de terreno.
- Calidad de suelo.
- Estructuras contiguas.
- Restricciones de espacio.
- Equipo y maquinaria disponible.
- Presencia de agua subterránea o superficial.

---

<sup>†</sup> SOLMINIHAC TAMPIER, HERNAN E. DE. THENOUX ZEBALLOS, GUILLERMO. Universidad Católica de Chile. 2002. Procesos y Técnicas de Construcción. Ed. Alfaomega – México. p.186.

- Condiciones ambientales.

### ***Asentamientos***

Una excavación siempre produce un cambio de estado del esfuerzo en la roca o suelo debajo y a los lados del espacio excavado. Estos, por pequeños que sean pueden ser suficientes para producir daños a estructuras adyacentes.

En excavación a cielo abierto en arena, el asentamiento originado por la excavación no se extiende más allá de una distancia igual a la profundidad de la excavación, y si el terreno adyacente no soporta carga esta no se extenderá más allá de la mitad de dicha distancia.

Cuando se excava en arcilla húmeda, la arcilla de los costados de la excavación, actúa como una sobrecarga que hace que la arcilla ubicada en el fondo de la excavación se deforme lateralmente.

Si contiguo a la excavación existen fundaciones de estructuras de mayor envergadura y la profundidad de la excavación esta por debajo de la cota de fundación de la obra contigua, el cimiento existente debe ser protegido durante la excavación.

### **1.2.2 Definición**

Son las zanjas que se realizan después de hecho el replanteo de la construcción. La excavación se realiza en forma manual utilizando pica y pala, o barra o barretón y pala, o de forma mecánica utilizando equipos pesados, teniendo en cuenta que las paredes de la excavación queden a plomo y la zanja llegue hasta un terreno de consistencia dura.

### **A *Técnicas de excavación***

El tamaño de la excavación, el tipo de suelo, la presencia de agua y las restricciones del entorno, el tipo de transporte y la planificación de la operación van en relación con las técnicas de excavación que se empleen. La técnica a emplear debe ser siempre la más segura y además se debe balancear, adicionalmente, economía, rendimiento, impacto ambiental y otros factores.

En trabajos pequeños y en suelo blando, la tierra se puede excavar con palas. Si el terreno se encuentra ligeramente compactado se pueden utilizar azadones para soltarlo y, cuando se encuentra muy compactado se suelta con picos o con utilización de aire comprimido.

En excavaciones abiertas con volúmenes mayores de movimiento de tierra se debe considerar el empleo de equipos especializados, tales como<sup>†</sup>:

- Palas mecánicas            Cargadores frontales
- Retroexcavadoras
- Palas frontales
- Dragas
- Grúas con cucharón de almeja
- Zanjadoras y otros

La elección del tipo de equipo a utilizar se basa en las condiciones de la excavación y la disponibilidad del equipo en el mercado. En particular, en las obras de edificación se trata de buscar muchas veces equipos menos especializados, de mayor versatilidad que permitan realizar una variedad de trabajos de movimientos de tierra, escombros y otros, a costa de un menor rendimiento. Por otra parte, cuando el suelo que se excava está demasiado compactado o se trata de roca debe ser soltado previamente con explosivos<sup>‡</sup>.

## **B    Excavaciones a cielo abierto**

En su libro Solminihac<sup>†‡</sup> nos indica que las excavaciones a cielo abierto se pueden clasificar según la forma volumétrica que poseen:

*Excavación de zapata:* es una excavación relativamente pequeña de dimensiones similares. Se debe realizar un número muy importante de ellas.

---

<sup>†</sup> SOLMINIHAC TAMPIER, HERNAN E. DE. THENOUX ZEBALLOS, GUILLERMO. Universidad Católica de Chile. 2002. Procesos y Técnicas de Construcción. Ed. Alfaomega – México. p.186.

<sup>‡</sup> <sup>†‡</sup> *Ibíd.*, p.187.

*Excavación en zanja:* se designa como tal a una excavación de ancho condicionado por los procedimientos de ejecución y de largo muy superior al ancho.

*Excavaciones amplias:* se designa como tal a aquellas excavaciones de más de 3,2 m de ancho y una profundidad importante, con frecuencia cubren superficies iguales o superiores a las de la edificación y su destino es, comúnmente subterráneos, fundaciones de losas o grandes fundaciones.

*Pozos:* excavaciones de forma rectangular o circular para usos tales como captación de aguas, sondeos (calicatas) para prospección de suelos. De profundidad mucho mayor que su largo y ancho.

## **C Excavaciones abiertas sin presencia de agua**

### a Generalidades

Según la profundidad de la excavación y la estabilidad del suelo una excavación abierta se puede diseñar de las siguientes formas:

- Taludes libres                      Vertical  
    Inclinado  
    Escalonado
- Taludes protegidos              Apuntalados  
    Entibados

La elección entre dejar un talud vertical o no, libre o protegido, estará dado por varios factores y condiciones especiales de la obra, tales como (Ver figura 3):

- a) Tipo de terreno.
- b) Costo relativo entre ambas soluciones.
- c) Tiempo en que la excavación permanecerá abierta.
- d) Asentamientos permisibles en torno de la excavación.

- e) Presencia de agua.
- f) Requerimientos específicos para proteger a trabajadores, peatones, medio ambiente, etc<sup>†</sup>.

Figura 3. Perfeccionamiento del talud de excavación.



Fuente: Portal Web micigc.uniandes.edu.co.

## ***D Excavaciones abiertas con presencia de agua***

### ***a Generalidades***

La presencia de agua en una excavación modifica el estado de equilibrio del suelo pudiendo provocar desprendimientos, socavaciones, etc., además de originar complicaciones importantes en el trabajo personal y de los equipos.

Las técnicas que se utilizan en excavaciones con presencia de agua son muy diferentes entre si. En su libro Solminihac<sup>‡</sup> nos describe las siguientes técnicas más utilizadas:

- Sistemas sin depresión previa del nivel freático.
- Sistemas con depresión previa del nivel freático.

---

<sup>†</sup> SOLMINIHAC TAMPIER, HERNAN E. DE. THENOUX ZEBALLOS, GUILLERMO. Universidad Católica de Chile. 2002. Procesos y Técnicas de Construcción. Ed. Alfaomega – México. p. 188.

<sup>‡</sup> *Ibíd.*, p. 189.

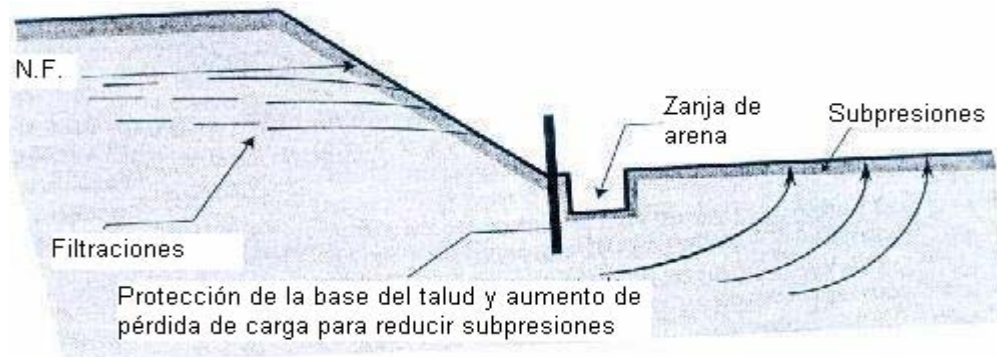
- Sistemas de ataguías.
- Sistemas especiales.

b Sistemas sin depresión previa del nivel freático

Este sistema consiste en realizar el agotamiento por sumideros o pozos abiertos, que consiste en conducir el agua de filtración hacia sumideros o pozos poco profundos ejecutados dentro de la excavación, desde donde se bombea hacia canales exteriores. Este método se ocupa en obras pequeñas, excepto en arenas, y es recomendable tener en consideración los siguientes aspectos:

- Prestar especial atención a dichas zanjas de drenaje en aquellas excavaciones que deban permanecer abiertas por largos periodos, para evitar la erosión y socavaciones al pie del talud. Se recomienda el empleo de esclusas, tuberías perforadas, u otros para prevenir estos problemas.
- El efecto de las presiones de filtración en el pie del talud, puede provocar ablandamientos o derrumbes del talud (Ver figura 4). Se recomienda el empleo de entibaciones.

Figura 4. Efecto de presiones de filtración en una excavación.



Fuente: Libro Procesos y Técnicas de Construcción.

- A las subpresiones de agua que se producen en el fondo de la excavación. El empleo de entibaciones, suficientemente profundas, a los pies del talud permite controlar el efecto negativo de las subpresiones.

c Sistemas con depresión previa del nivel freático

Este procedimiento consiste en hacer bajar el nivel del nivel freático subterráneo para poder realizar el trabajo en seco por debajo del nivel normal del nivel freático, sin hacer agotamientos en la excavación.

El método de depresión previa del nivel freático, es aplicable a terrenos permeables, a condición de que la velocidad del agua sea suficientemente pequeña para no socavar el terreno por arrastre de elementos finos. Para este tipo de situaciones se han diseñado dos sistemas equivalentes:

- Pozos filtrantes: se instalan alrededor de la excavación a realiza, una red de pozos filtrantes provistos de bombas eléctricas.
- Tubos filtrantes o sistema "Well-Point": se sustituyen los pozos filtrantes por sondas secadoras hundidas en el suelo y bastante juntas.

Los tubos filtrantes se hunden por trepidación e inyección de agua a presión.

d Excavaciones con el empleo de ataguías o cortinas de tablestacas

El retiro del agua se realizara a medida que se progresa en la excavación, empleando algún sistema de entibacion.

El terreno de cimentación es permeable, pero un poco mas abajo es accesible el terreno impermeable: la solución en este caso consiste en revestir la excavación mediante cortinas de ataguías que se hincan hasta llega a terreno impermeable. El tipo de ataguía utilizado con mayor frecuencia es la metálica. Otro tipo de ataguía es la que se puede materializar con elementos de madera. Las ataguías sellan la excavación en contacto con un estrato impermeable de suelo, reduciendo al mínimo la filtración de agua por lo que el agotamiento es fácil.

Cuando el terreno impermeable es prácticamente inaccesible: en este caso puede actuarse siguiendo una variedad de técnicas constructivas, entre las cuales se pueden aplicar los siguientes principios:

- Hincar las ataguías a una profundidad mayor a la del fondo de la excavación, produciendo una perdida de carga y flujo del agua que circula al interior de la excavación.

- Utilizar el mismo principio anterior, pero contrarrestar las subpresiones de agua a través del empleo de hormigón vaciado al fondo de la excavación.

e Sistemas especiales

Para excavar en presencia de agua no siempre es necesario bombear el agua fuera de la excavación.

- a) *Campanas de presión*: consiste en introducir una campana al fondo del lecho de la excavación y contrarrestar las subpresiones de agua con presión dentro de la cámara. Esta es una faena altamente técnica y de muy bajo rendimiento.
- b) *Socavación de fundaciones en islas*: consiste en construir islas sobre el nivel del agua, construir la fundación sobre ella y luego llevarla a la cota de fundación socavando el fondo de la fundación, la cual se puede desplazar con su propio peso.

**E Excavaciones que permanecerán abiertas**

Las técnicas que se aplican en taludes o cortes abiertos permanentes se pueden resumir como sigue:

- Emplear taludes con inclinaciones mayores a los que determinan los cálculos de estabilidad.
- Emplear muros de contención para la altura total o altura parcial.
- Empleo de tabla-estacador o ataguías.
- Empleo de mallas con pernos.
- Empleo de mallas de geotextiles con bolsas de sembrado.
- Empleo de geosintéticos tipo geoweb.
- Otros.

### 1.2.3 Procesos de ejecución

- 1) Limpieza de material vegetal y orgánico.
- 2) Se colocan los hilos de señalización (Ver figura 5).
- 3) Demarcación en el terreno.
- 4) Excavación, movimiento de tierra (Ver figura 6).
- 5) Protección de muros laterales.
- 6) Nivelación del terreno.
- 7) Impermeabilización de la base.

Figura 5. Señalización.

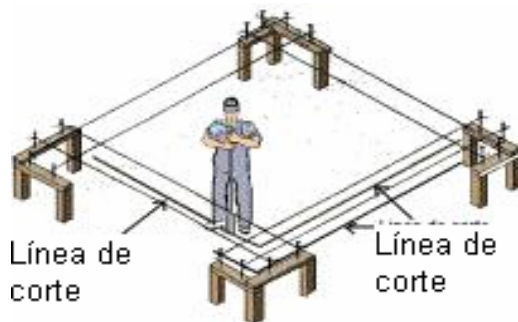
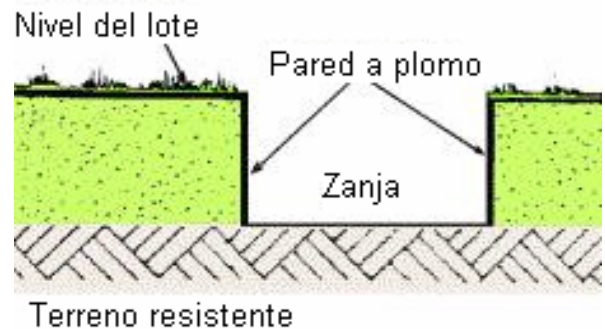


Figura 6. Excavación en zanja



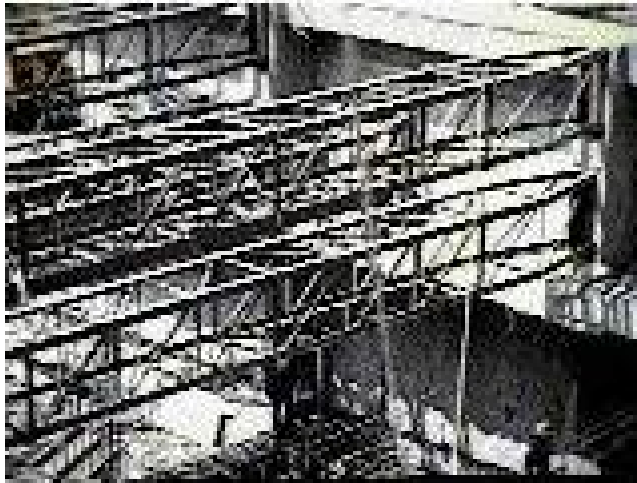
Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co).

### **A Excavaciones apuntaladas**

#### Excavaciones poco profundas

En el caso de excavaciones poco profundas se utilizan tablonces alrededor de la excavación unidos por medio de vigas perimetrales denominadas largueros soportadas entre ellas por los puntales. Estos puntales pueden ser metálicos, en madera o inclusive si la excavación es muy ancha se utilizan cerchas (Ver figura 7).

Figura 7. Excavación apuntalada con vigas metálicas



Fuente: Portal Web [micigc.uniandes.edu.co](http://micigc.uniandes.edu.co)

### Excavaciones profundas

Para este caso, es común la utilización de las tablestacas, pilotes metálicos en forma de "H" e inclusive muros pantalla en concreto. El proceso más común en estos casos es el de hincar las tablestacas y trabarlas para luego retirar el material del interior. A medida que se va profundizando, se van colocando los largueros y puntales.

En el caso de utilizar pilotes, el procedimiento es el mismo y la diferencia radica en que una vez retirado el material del área de los pilotes se colocan tablas acuñadas entre ellos para luego ubicar los largueros y puntales.

En el caso de los muros pantalla, el procedimiento a seguir consiste en la excavación y lleno con bentonita, donde luego se va vaciando el concreto (TREMIE) por medio de un tubo en la parte inferior de la excavación. Cuando el concreto comienza a entrar, la bentonita comienza a salir y puede ser captada nuevamente o reutilizada en una excavación siguiente.

## 1.3 EQUIPO Y MAQUINARIA

### 1.3.1 Palas mecánicas

Las palas son equipos de movimiento de tierra adecuadas para terrenos de cualquier tipo, incluso duros.

#### Diversos accesorios de las palas

Una pala puede utilizar diversos accesorios que la convierten en una máquina de trabajo de utilidad múltiple:

- *Pala cargadora* para trabajo normal.
- *Pala retroexcavadora* para trabajo en pozos y zanjas.
- *Pala niveladora* para el trabajo de regularización o nivelación.
- *Cuchara de almeja* para excavaciones en pozo o descarga de materiales.
- *Dragalina* para carga por arrastre.

Como esta máquina puede también trabajar como grúa o utilizar un dispositivo especial de martinete para la hinca de pilotes, el *número de utilizaciones diferentes* que admite es en conjunto de *siete*.

#### **A** *Pala excavadora frontal*

La pala se compone de un *chasis de desplazamiento* y un *chasis giratorio* con eje de rotación vertical que se puede hacer girar sobre una *corona de rodillos* (rotación total mediante un *motor de orientación*).

En la parte delantera, este chasis soporta el *mecanismo de excavación* constituido:

- Por un *brazo móvil*.

- Por un *brazo* con un *cucharón* en su extremo.<sup>†</sup>

El *cucharón* es una robusta caja de acero sin fondo provista en su parte inferior (borde de ataque) de dientes de acero muy duro. En su parte inferior está cerrado por una *tapa móvil* alrededor de un *eje* soportado por el brazo. La tapa es mantenida contra el fondo por un *cerrojo* que penetra en un soporte previsto al efecto (Ver figura 8).

Figura 8. Pala excavadora frontal



Fuente: Portal Web [www.todojuguetes.com](http://www.todojuguetes.com)

En la parte frontal del chasis giratorio está la *cabina del conductor*, y en la parte trasera, los motores, la caldera en las máquinas de vapor (actualmente muy raras) y un *contrapeso*.

El chasis giratorio está recubierto por una cabina de chapa que protege a los mecanismos y al conductor.

---

<sup>†</sup> GALABRU, Paul. Barcelona 1964. Tratado de Procedimientos Generales de Construcción – Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra. Ed. Reverte, S.A. p. 254.

Con la pala en posición ante la ladera a excavar, se deja caer el brazo verticalmente y después, haciéndole avanzar se le apoya contra el terreno, haciéndole subir a continuación con el cabestrante de elevación de forma que el cucharón pasa a su posición más elevada llenándose de materiales arrancados. Después se hace girar la pala con el mecanismo de rotación y se guía el cucharón lleno hasta colocarlo encima de un camión o un vagón estacionado junto a la pala, vaciándose los materiales abriendo la tapa del cucharón. Finalmente, se vuelve a la posición de partida dejando caer bruscamente el brazo para cerrar la tapa por inercia.

La magnitud de una pala se caracteriza por la *capacidad del cucharón* (supuesto lleno a ras) que se utiliza normalmente en terreno ordinario; esta capacidad se mide en metros cúbicos o en litros y en yardas cúbicas en las palas inglesas o americanas.

Para obras públicas normales son perfectamente adecuadas las palas con capacidad máxima de 1 m<sup>3</sup>. En las grandes obras y canteras se debe recurrir a grandes palas de 1 a 3 m<sup>3</sup> y, más raramente a palas aún mayores, según dice Galabru<sup>†</sup>.

Las palas deben ser tanto más potentes cuanto más grande es su cucharón y más resistente el terreno. Generalmente se proporciona la capacidad del cucharón a la dureza del terreno; con la misma máquina se puede emplear en terreno ordinario un cucharón relativamente ligero de gran capacidad y en terreno duro, especialmente en canteras, un cucharón pesado y reforzado de menor capacidad. Otra característica de las palas es su *peso*.

Las reacciones previsibles en la carga de rocas exigen inercia suficiente en el conjunto mecánico, precaución que conduce en suma a no admitir en cantera palas que correspondan a un *cucharón normal* de menos de 1000 litros<sup>‡</sup>, previendo, si es necesario, un *cucharón especial* de menor capacidad.

Otras características interesantes de las palas son su *potencia* y sus *dimensiones de trabajo* definidas por la altura y radio de la excavación y la altura y radio de descarga. Dependen del tipo de máquina y varían con los diversos constructores.

---

<sup>†</sup> GALABRU, Paul. Barcelona 1964. Tratado de Procedimientos Generales de Construcción – Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra. Ed. Reverte, S.A. p. 255.

<sup>‡</sup> *Ibíd.*, p.256

## **B Retroexcavadora**

Para trabajar por debajo del plano de apoyo de la excavadora se puede utilizar la retroexcavadora cuyo aguilón y brazo están simplemente articulados entre sí. El fondo del cucharón es fijo. Apoyando el cucharón contra el terreno el cabestrante de elevación levanta el brazo llenando el cucharón (Ver figura 9).

Figura 9. Retroexcavadora



En las excavaciones en terreno suelto es conveniente no acercarse demasiado a la pala al borde de la excavación para evitar los corrimientos. La retroexcavadora se utiliza para el trabajo en zanja en el que trabaja retrocediendo.

La capacidad normal de los cucharones de las retroexcavadoras es de 300 a 1300 litros. Son máquinas de capacidad relativamente pequeña ya que es raro que haya que ejecutar con pala de ese tipo movimientos de tierras muy grandes.

### **C Pala niveladora**

Para trabajos de nivelación se utiliza la *pala niveladora*. El brazo se mantiene horizontal en la posición de trabajo y el cucharón se desliza sobre él arrastrado por un cable y un cabestrante.

Una vez lleno el cucharón se vacía levantando el brazo mediante el cable y cabestrante correspondientes, vaciando el cucharón por el fondo. Esta máquina para trabajos especiales se utiliza con cucharón de una capacidad de 0,250 a 1 m<sup>3</sup>†. El dispositivo especial puede montarse sobre la pala ya descrita. Hay que observar que las palas americanas no cuentan con el tipo nivelador, ya que este tipo de trabajo se ejecuta siempre en los Estados Unidos mediante traílla o bulldozer.

Las palas niveladoras se emplean poco ya que este movimiento de tierras superficial suele realizarse mediante máquinas más potentes (traílla, bulldozer). Sin embargo, pueden prestar servicios interesantes en obras pequeñas cuya importancia no exige la compra de material especial (Ver figura 10).

Figura 10. Pala niveladora



Fuente: Portal Web [www.cima.tie.cl](http://www.cima.tie.cl)

---

† GALABRU, Paul. Barcelona 1964. Tratado de Procedimientos Generales de Construcción – Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra. Ed. Reverte, S.A. p. 261.

## D Bulldozer

El bulldozer es una *pala niveladora* montada sobre un *tractor de orugas*. El útil de movimiento de tierras es una *cuchilla* soportada por dos *brazos* articulados que puede hacerse bajar o subir mediante un mecanismo hidráulico o de cable (Ver figura 11).

Figura 11. Bulldozer



Fuente: Portal Web [www.jpowers.net](http://www.jpowers.net)

Si la hoja está en su posición inferior, la máquina excava tierra con una profundidad de corte de 20 a 30 cm. Poniendo la hoja en posición intermedia se pueden extender montones de áridos en capas de espesor de 20 a 30 cm. La posición alta es una posición de transporte (altura de la cuchilla sobre el suelo, de 75 cm. a 1 m). En ciertas máquinas la cuchilla es *inclinable* girando alrededor de articulaciones horizontales, movimiento que se regula mediante brazos empujadores hidráulicos<sup>†</sup>.

En ciertos bulldozers, que en este caso se llaman *angledozers*, la cuchilla es también orientable en el sentido de la marcha de la máquina.

---

<sup>†</sup> GALABRU, Paul. Barcelona 1964. Tratado de Procedimientos Generales de Construcción – Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra. Ed. Reverte, S.A. p. 304.

El bulldozer y el angledozer son máquinas cómodas para nivelación de materiales, permitiendo el bulldozer, además, la excavación de pequeña profundidad y el arrancado de raíces.

También hay bulldozers sobre tractores de neumáticos (turnadozers).

Los movimientos de tierras con bulldozers son rentables hasta una distancia de 50 m aproximadamente (para tractores de oruga)<sup>†</sup>.

### **E Motoniveladora**

La *motoniveladora* está constituida por un *tractor* de cuatro ruedas que lleva un largo *brazo anterior* que descansa sobre un tren anterior de dos ruedas de dirección manejadas desde el tractor.

Todas las ruedas son *inclinables* sobre sus ejes, lo que permite a la máquina desplazarse sobre terrenos de grandes desniveles transversales. Al tren delantero se articula un segundo brazo sostenido y mandado en el otro extremo por dos gatos situados a uno y otro lado del brazo del tren delantero, brazo que lleva una *corona* con rotación total alrededor de un eje vertical, a la que se fija una *hoja niveladora* cuyo ángulo de ataque puede modificarse según la naturaleza del trabajo a efectuar (Ver figura 12).

Los movimientos de los diversos órganos de la máquina, mandados hidráulicamente en su totalidad, permiten orientar la cuchilla respecto al eje de marcha de la máquina formando un ángulo cualquiera así como sacarla a la derecha o ala izquierda dándole una inclinación que puede llegar hasta la vertical.

La motoniveladora permite:

- Extender y nivelar materiales sueltos.
- Excavar las cunetas de una carretera, llevando los materiales extraídos hacia el eje de la carretera después de nivelarlos.

---

<sup>†</sup> GALABRU, Paul. Barcelona 1964. Tratado de Procedimientos Generales de Construcción – Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra. Ed. Reverte, S.A. p. 306.

- Regularizar los taludes de una excavación, nivelando los materiales extraídos sobre el fondo.
- Conservar las pistas seguidas por las máquinas de movimiento de tierra.

Figura 12. Motoniveladora



Fuente: Portal Web [www.juan-espinoza.com](http://www.juan-espinoza.com)

Las motoniveladoras medias no resisten el trabajo con materiales de granulometría gruesa. En tal caso se puede:

- Extender una nueva capa de superficie de granulometría conveniente.
- Arrancar mediante escarificador y eliminar los elementos demasiado gruesos mediante rastrillos para roca.

### ***F Escarificadora (rooter y ripper)***

La escarificadora es una especie de *arado* que generalmente, en la terminología anglosajona, se llama *rooter* cuando es remolcado por un tractor y *ripper* cuando es automotor (Ver figura 13).

En la escarificadora remolcada, la parte trasera del chasis puede girar respecto a la parte delantera alrededor de una articulación mediante mandos de cable o hidráulicos. Lleva de una a cinco cuchillas o dientes móviles.

Figura 13. Escarificadora



Fuente: Portal Web [www.e-truxx.com](http://www.e-truxx.com)

El dispositivo del ripper se monta en la parte trasera del tractor y puede ser de cuchilla única o permitir el empleo de varias cuchillas.

Bajo el efecto de desgarramiento de las cuchillas, el terreno se disgrega. La máquina debe ser pesada, para hundirse bien en el suelo.

El roter se emplea con un tractor potente si el terreno es duro, mientras que si el terreno es ligero se unen varios rooters a un mismo tractor.

El ripper utiliza en parte el peso del tractor, que le es transmitido por el juego de gatos de mando. Los rippers parecen sustituir cada vez más a los rooters.

Las profundidades de disgregación varían normalmente de 30 a 50 cm. (disgregaciones superficiales). Se alcanza especialmente con las máquinas potentes de una sola cuchilla hasta 75 cm. (disgregación profunda)<sup>†</sup>.

---

<sup>†</sup> GALABRU, Paul. Barcelona 1964. Tratado de Procedimientos Generales de Construcción – Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra. Ed. Reverte, S.A. p. 311.

## **G Accesorios diversos de los tractores**

El tractor de oruga tiene diversidad de empleo en las máquinas de movimiento de tierras, como simple tractor (roter) o como portador de aparatos diversos (pala de cargadora, bulldozer, ripper, etc.) (Ver figura 14). Así se tiene una amplia gama de posibles accesorios, como son:

- Los aparatos para tratamiento de suelos.
- Las máquinas de derribo y arranque de raíces de árboles.

Figura 14. Tractor



Fuente: Portal Web [www.eng.auburn.edu](http://www.eng.auburn.edu)

## **1.4 ENTIBADOS**

Cuando concurren circunstancias de terreno reducido, a causa de su volumen, los trabajos de excavación y posterior relleno suponen un gasto desproporcionado es preciso entibar y apuntalar total o parcialmente las paredes de la excavación.

### **1.4.1 Zanjas de cimentación.**

Se excavan con paredes en talud o entibadas. Ventaja de los taludes: se puede emprender la construcción inmediatamente si se trabaja a mano, queda espacio

libre para el trabajo de las grandes maquinas. Ventaja de la estibación: la superficie ocupada por la obra es lo mas reducida posible.

*Entibación horizontal.* Formada por tablonces horizontales en contacto con el terreno, y por costillas verticales con ejiones y cuñas para los codales, que van de una a otra pared de la zanja. Esta estibación es la adecuada cuando el terreno es lo suficientemente consistente para permitir excavar sin derrumbamiento hasta una profundidad igual a la anchura de los tablonces.

*Entibación vertical.* Tablonces verticales, carreras horizontales y codales; puede emplearse en toda clase de terrenos no cohesivos.

La entibación con tablestacas metálicas es mucho más cómoda. Ventajas: empleo repetido de las tablestacas metálicas, facilidad de hinca, estanqueidad de las paredes, menor numero de codales y menor numero de bermas.

*Afianzamiento de las entibaciones.* Se realiza con codales o bastidores horizontales de madera, acero u hormigón armado si se entiban dos paredes enfrentadas, o con puntales inclinados si se trata de la entibación de una pared aislada.

*Entibación de pozos.* Cuando se trata de grandes profundidades o hay que vencer ciertos obstáculos del subsuelo, el sistema usual de entibación de pozos es la entibación con marcos o bastidores, y con tablas de madera o chapas de acero.

#### **1.4.2 Entablados**

Las entibaciones horizontales se realizan colocando, horizontalmente y en contacto, tablonces, uno debajo del otro, a medida que progresa la excavación. La entibación no debe quedar a menos de uno a dos anchos de tablón del fondo de la zanja, y debe asegurarse mediante codales, puntales o anclajes. Para terreno de estructuras suelto o bien blando, que no se sostienen en la altura de un tablón, se elige una entibación vertical. Con este objeto se hincan verticalmente en el terreno tablonces de madera o planchas acanaladas, antes de iniciar la excavación. Según Heinrich Schmitt<sup>†</sup>, la profundidad de hinca por debajo del fondo de la zanja debe ser, en cada etapa de trabajo, de 30 cm. como mínimo. En caso de zanjas abiertas

---

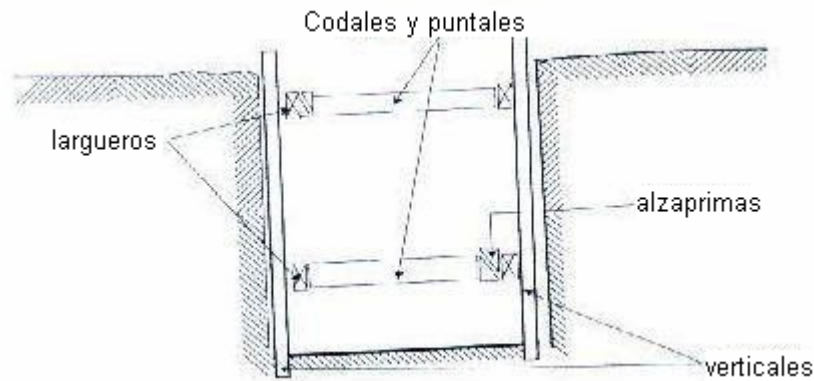
<sup>†</sup> SCHMITT, HEINRICH. Barcelona 1980. Tratado de Construcción – Elementos, Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción. Ed. Gustavo Gili, S.A. p.9.

de mayor profundidad, y especialmente en huecos entre edificios vecinos, es preciso disponer sistemas de apuntalamiento más resistentes.

### Paredes de vigas y tablonos

Esta entibación horizontal (Ver figura 15) a base de tablonos o maderos encuadrados o rollizos dispuestos entre vigas de acero hincadas o eventualmente introducidas en perforaciones previas, se llama también "entibación berlinesa". Una vez concluidas las obras de cimentación, se quitan los tablonos y se arrancan las vigas antes de proceder al relleno y compactación del relleno.

Figura 15. Componentes principales de una entibación.



Fuente: Libro Procesos y Técnicas de Construcción.

### **1.4.3 Tablestacados**

Los tablestacados de acero (Ver figura 16) son más resistentes, pueden utilizarse varias veces e hincarse o arrancarse fácilmente, a causa de su reducida sección. Junto a una mayor capacidad de carga permiten mayores longitudes. Sus uniones garantizan una elevada estanqueidad y una buena transmisión de esfuerzos entre los perfiles contiguos. Como maquinaria de hincado se emplean, según el caso y la naturaleza del terreno, martinets de percusión rápida o arietes vibratorios.

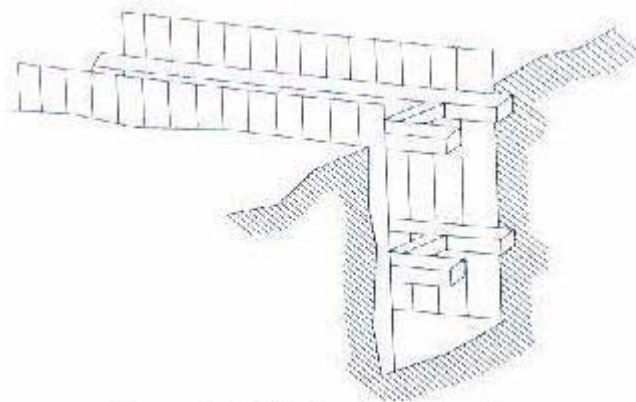
### **1.4.4 Muros de pilotes de perforación**

Los muros de pilotes de perforación y los muros pantalla provocan las mínimas molestias en cuanto a ruido y oscilaciones. Al contrario de cuanto ocurre con las

entibaciones a base de revestimientos y tablestacados, pueden dejarse incluidos luego, como elementos sustentantes, en la estructura de la obra a edificar. Según la disposición de los pilotes cabe distinguir entre:

- Muros de pilotes tangentes.
- Muros de pilotes secantes.
- Muros de pilotes aislados con cierre intermedio.

Figura 16. Tablestacados de madera.



Fuente: Libro Procesos y Técnicas de Construcción.

#### 1.4.5 Muros pantalla

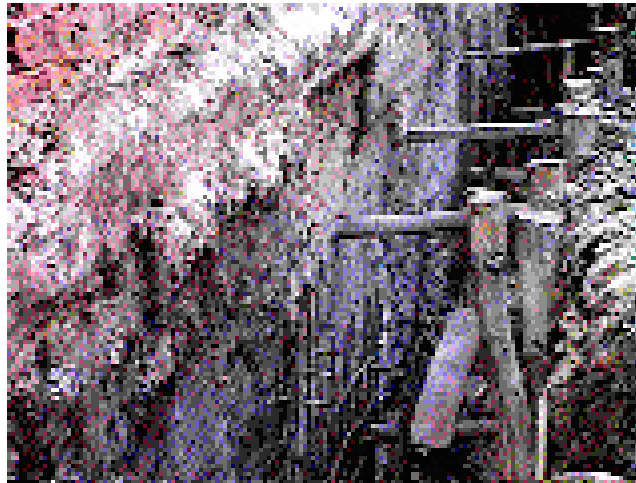
Según el espesor y la altura de muro necesarios constructiva y estáticamente, a medida que progresa la excavación es preciso ir asegurando el muro pantalla con codales o anclajes (Ver figura 17). Puede prescindirse de un recalce de construcciones contiguas con cimentaciones poco profundas. Un muro pantalla puede ejecutarse no sólo como elemento de cierre, de apuntalamiento y de sostén, sino también como elemento impermeable al agua a presión.

#### 1.4.6 Líquidos de sostenimiento

Estos líquidos, llamados también tixótrópos, con suspensiones gelatinosas de arcilla o sustancias, como la bentonita, que se caracterizan por su elevada capacidad de, expansión y de aglutinación en el agua. La presión hidrostática del líquido en cuestión contrarresta la presión ejercida por las capas de terreno al ser cortadas durante la excavación.

Los líquidos de sostenimiento no solo se usan en la construcción de muros pantalla, sino también en la de grandes pilotes de perforación sin envolvente y en la perforación de pozos grandes. A fin de reducir el roce entre el terreno y la envoltura que hay que hacer penetrar en él.

Figura 17. Muro pantalla



Fuente: Portal Web micigc.uniandes.edu.co

#### **1.4.7 Consolidación del terreno**

En caso de terrenos no cohesivos, la consolidación química de los mismos constituye otra alternativa para la entibación de excavaciones y el recalce de cimentaciones poco profundas de edificaciones contiguas.

Todos los terrenos no cohesivos permeables al agua pueden consolidarse mediante inyecciones químicas. Los productos químicos o los cementos se introducen a presión en el terreno, debajo de las cimentaciones existentes, a través de tubos inyectoros.

#### **1.4.8 Apuntalamiento y anclaje**

Anclando el revestimiento en el terreno adyacente, la zanja queda completamente libre. Introduciendo varias filas de anclajes durante el transcurso de la excavación, puede alcanzarse sin ningún impedimento prácticamente cualquier profundidad - respaldada por un cálculo estático. Se distingue entre los llamados anclajes de

inyección de aplicación transitoria y los de aplicación permanente (pilotes de anclaje), que deben poseer ante todo una notable seguridad contra la corrosión. Para solicitaciones de corta duración y longitudes de anclaje hasta de más de 20 m se utilizan cables tensores flexibles de acero<sup>†</sup>.

## **1.5 DRENAJES Y EVACUACION DE AGUA**

Una de las partes más importantes de la cimentación es el drenaje y saneamiento. El terreno sin iniciar los trabajos de descapote y excavación puede estar seco y luego, durante el desarrollo de la obra, nos podemos encontrar con una capa de agua que hay que alejar de la cimentación.

En las técnicas de construcción se tiene el criterio de que en vez de efectuar la evacuación de las aguas, es más sencillo realizar al cimiento tratamientos de impermeabilización que impidan la penetración de humedad. Da resultados positivos donde el nivel freático o altura de las aguas internas no dé evidencia de situarse sobre la superficie excavada. En casos con flujo de aguas, la enérgica acción de las aguas ocasionará deterioro a la obra de cimentación.

### **1.5.1 Agotamiento de zanjas**

Cuando las zanjas atraviesan la región de aguas subterráneas es preciso, o bien hacerlas estancar, en todo su perímetro y por debajo a la entrada del agua, o bien tomar medidas para que el nivel de las aguas subterráneas descienda por debajo de la base de la cimentación. Cuando dicho nivel solo es ligeramente inferior al de dicha base, basta a veces una impermeabilización lateral combinada con un sistema de agotamiento al descubierto, es decir, drenaje de la excavación e instalación de un pozo para bomba.

#### ***A Descenso del nivel del agua subterránea por medio de pozos con filtro tubular***

Mediante la instalación de un conveniente número de pozos con filtro tubular en torno de la excavación se hace descender el nivel del agua subterránea de 30 a 50 cm. por debajo de la base de cimentación, con lo cual pueden hacerse en seco los trabajos de cimentación e impermeabilización. Se economiza así el trabajo de

---

<sup>†</sup> SCHMITT, HEINRICH. Barcelona 1980. Tratado de Construcción – Elementos, Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción. Ed. Gustavo Gili, S.A. p.10.

impermeabilización del recinto y de la base de la excavación y además, se elude el peligro del esponjamiento e hinchazón del suelo del fondo.

El descenso del nivel del agua subterránea solo es posible cuando se trata de terrenos de estructura granular como arena, gravilla arenosa o gravilla. Mediante pozos con tubo filtrante y bomba aspirante para la extracción se puede lograr en general un descenso de 3 ó 4 m en el nivel del agua.

Para grandes profundidades es preferible casi siempre emplear pozos con una bomba sumergida accionada eléctricamente, que impulsa el agua bajo presión (Ver figura 18).

### ***B Por medio de pozos de vacío***

El agua subterránea que aflora en la arena fina o en el limo ya circula más por efecto solo de la gravedad, sino que queda retenida por adhesión en los huecos existentes entre granos. Para ello es preciso practicar el vacío con lo cual dicha agua es arrastrada hacia el tubo filtrante. Esto presupone una red de tuberías absolutamente estanca al aire. Puesto que al efectuar esta operación la arena fina se compacta más, el radio de acción y con el la separación máxima de los diversos filtros de vacío quedan limitados a 1 m aproximadamente. En su libro Heinrich Schmitt<sup>†</sup> indica que los filtros tubulares para pozos de vacío deben introducirse (por impulso hidráulico, no por perforación) hasta que el borde superior del filtro se halle aproximadamente 1 m por debajo de la solera de la cimentación.

### ***C Por electroósmosis***

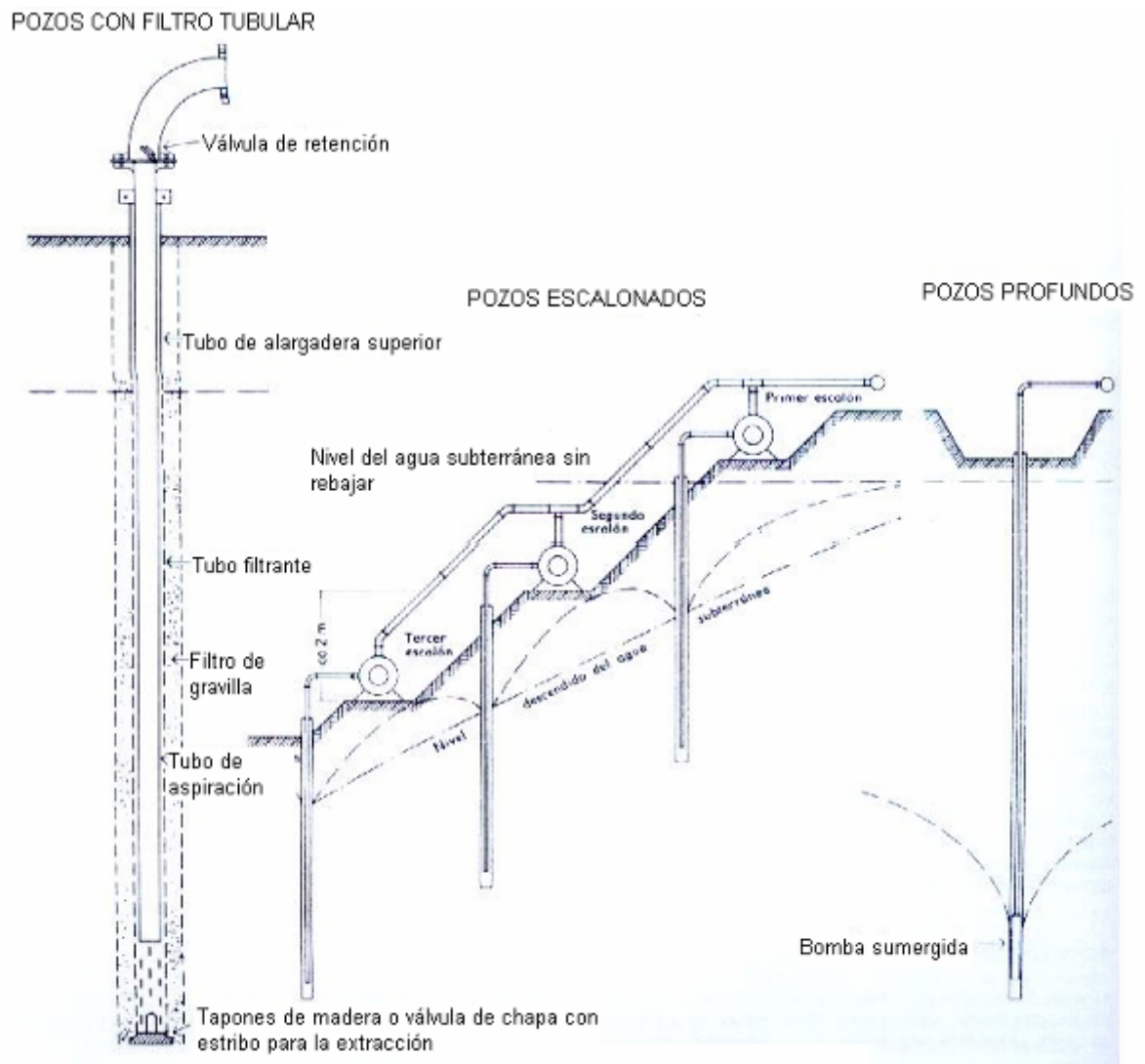
Para suelos coherentes de poros todavía más finos ha sido desarrollado un método por electroósmosis, en virtud del cual el agua es puesta en circulación, no por depresión atmosférica o vacío como antes, sino por la "pendiente" de una corriente continua eléctrica hacia el cátodo (tubo filtrante de un pozo tubular). Según la naturaleza del terreno y la caída de tensión existente, el radio de acción puede alcanzar hasta 2.5 m, según Schmitt<sup>‡</sup>. Sin embargo, este método resulta caro y solo se emplea cuando fallan los demás (Ver figura 19).

---

<sup>†</sup> SCHMITT, HEINRICH. Barcelona 1980. Tratado de Construcción – Elementos, Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción. Ed. Gustavo Gili, S.A. p. 12

<sup>‡</sup> *Ibíd.*, p. 12

Figura 18. Pozos con filtro tubular.



Fuente: Libro Tratado de construcción – Elementos, estructuras y reglas fundamentales de la construcción.

Figura 19. Estudio en suelo por electroósmosis



Fuente: Portal Web [www.terrancorp.com](http://www.terrancorp.com)

#### ***D Agotamiento al descubierto con pozo para bomba***

El agotamiento al descubierto mediante un pozo en el que se coloca una bomba se utiliza en los casos siguientes:

Reducidas profundidades de descenso del nivel del agua subterránea; escasa infiltración de agua, o infiltración moderada; terrenos consistentes, acuíferos o de granulometría gruesa (en los de arena fina, no, por el peligro de las arenas movedizas). Al llevar a cabo la excavación se llevan siempre algo adelantados los pozos de aspiración de las bombas, para poder recoger en ellos las aguas que caen en aquella y achicarlas o agotarlas con las bombas según la cantidad acumulada. Estos pozos se disponen en forma de entrantes en el recinto de la excavación. Su número, dimensiones y profundidad deben estar de acuerdo con las cantidades de agua que se calcula han de extraerse. Schmitt<sup>†</sup> propone que para lograr una excavación bien seca, conviene disponer una capa de drenaje hecha con gravilla, escorias o materiales análogos, de unos 20 cm. de espesor, encima de la solera de fondo de toda la excavación; a través de dicha capa puede escurrir el agua que cae en el interior de la fosa y pasar así al pozo de agotamiento. El efecto de la capa de drenaje puede aún mejorarse mediante la inclusión, en ella, de tubos captadores o de drenaje.

---

<sup>†</sup> SCHMITT, HEINRICH. Barcelona 1980. Tratado de Construcción – Elementos, Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción. Ed. Gustavo Gili, S.A. p. 13

## ***E Impermeabilización de las paredes de las excavaciones***

Las paredes de las excavaciones deben asegurarse suficientemente no solo contra desmoronamientos, sino también contra la afluencia lateral de agua y la erosión del terreno, mediante una entibación estanca.

Lo mismo vale para cercos de excavaciones realizados por el procedimiento de congelación en terrenos no estables y muy acuíferos. Estos cercos tomados de la minería, han dado buenos resultados, principalmente en caso de grandes profundidades.

Excavaciones estrechas y peligro de socavación de las capas de grano fino. Mediante la correspondiente disposición de perforaciones de congelación, análoga a la utilizada para inyecciones en el terreno, puede obtenerse un muro o bloque de congelación, auto sustentante y hermético al agua subterránea, alrededor de la fosa a excavar.

## ***F Impermeabilización de la base de las excavaciones***

Según la profundidad y las dimensiones que debe tener la excavación, la composición del terreno y la afluencia de agua subterránea, habrá que estimar comparativamente si es más conveniente tomar medidas adecuadas para impermeabilizar la solera o bien drenar el terreno.

### Por consolidación del suelo

En suelos de arena y gravilla con gran afluencia de agua subterránea, la consolidación de los mismos puede resultar económica y ventajosa no solo para el sostenimiento de la excavación al elevar la resistencia del terreno, sino para impermeabilizar el fondo. Esta consolidación es por otra parte compatible con otros tipos de cerco hermético de zanjas. El agua subterránea que se va acumulando en la excavación con este procedimiento se va extrayendo con bombas a medida que progresa la excavación.

### Por hormigón bajo el agua

También es posible ahorrarse los costes que implica el agotamiento del agua si, tras ejecutar el cerco perimetral de la zanja, se procede a excavar y a sumergir en el agua una placa de fundación impermeabilizante, siempre y cuando, de todos modos, haya sido propuesto este tipo de cimentación.

A medida que crece la profundidad de empotramiento aumenta también, a causa del empuje y de la presión del agua, el espesor necesario de la placa de fundación (inversión de la carga), por lo cual este procedimiento se aplica ante todo en caso de pequeñas superficies o de solo una moderada inmersión en el agua.

Cuanto mayor es la altura de agua más gruesa debe ser la capa de hormigón a colocar. Esto es válido para toda clase de cimentaciones sumergidas, expuestas al empuje del agua. Independientemente de las cargas de la construcción y de la resistencia del terreno<sup>†</sup>.

---

<sup>†</sup> SCHMITT, HEINRICH. Barcelona 1980. Tratado de Construcción – Elementos, Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción. Ed. Gustavo Gili, S.A. p. 13.

## 2 CIMENTACION

### A Generalidades

La cimentación de una obra, es sencilla si el subsuelo es resistente, esta libre de agua y no es heladizo. Las zanjas de cimientos se excavan en seco, con taludes o con paredes verticales (entibadas si es necesario) hasta llegar a terreno firme, sobre el que se construyen los cimientos, formados por muros, basamentos de pilares o losas continuas.

La presencia de agua, subterránea o superficial, es causa de dificultades en la excavación y la construcción de los cimientos, hay que practicar entonces la cimentación en húmedo.

La elección del sistema de cimentación más conveniente depende de la época de construcción y del tipo de obra, de los materiales de construcción y medios auxiliares que pueden conseguirse, y de las condiciones hidrológicas y del terreno.

Para conocer y aprovechar la resistencia del terreno son indispensables: detenidos ensayos en el terreno y en el laboratorio; durante la construcción y después de la misma, observación de los asientos.

La Academia Hütte de Berlín, en el Tomo III<sup>†</sup> del Manual del Ingeniero, menciona diferentes tipos de cimentación, donde cabe destacar lo siguiente:

#### **a Procedimientos de cimentación por debajo del nivel de agua**

##### Conservando el nivel de agua encontrado

1. *Consolidación del terreno* con subsuelo de aren y guijo.

---

<sup>†</sup> ACADEMIA HÜTTE DE BERLIN. Barcelona 1965. Manual del Ingeniero Tomo III. Ed. Gustavo Gili, S.A. p.909.

2. *Colchón de arena* con agua tranquila y suelo blando o pantanoso, que actúa como base elástica de la obra, que experimentara asientos.
3. *Escolleras* (pedraplenes) como infraestructuras con cualquier profundidad y movimiento del agua.
4. *Bloques de hormigón aparejados*. Esta construcción ocupa menos superficie que la escollera y con los correspondientes medios de enlace resulta perfectamente trabada, pero es costosa.
5. *Hormigonado bajo el agua*. Moderno y excelente sistema de cimentación para toda clase de obras, auxiliares o definitivas, incluidas en otras o aisladas e independientes, incluso en agua corriente.

#### *Puesta en obra del hormigón*

*Introducción en el agua*, sin remover el hormigón, o sea formando montones con su talud natural, para profundidades de agua  $\leq 80$  cm.

*Hormigón sumergido en sacos* los sacos de hormigón se colocan con grúa y buzos. Se utilizan para taponar vías de agua.

*Inmersión del hormigón en envolturas de tela metálica*, con tejido de yute o sin el ("salchichones" de hormigón), en aguas profundas, mediante barcas de compuerta o grúas flotantes.

*Inmersión del hormigón con cubas de compuerta* y grúas giratorias. Es un procedimiento apropiado para fosas de cimentación de poca superficie.

*Inmersión de hormigón con tolvas* es adecuada para fosas de cimentación de gran superficie.

*Hormigonado con bomba*. Las instalaciones de transporte del hormigón mediante bombas desde la hormigonera al punto de aplicación, se realizan hoy perfectamente, sin el peligro de disgregación del hormigón en los recorridos ascendentes.

6. *Cimentaciones con pilotes.* En presencia de agua superficial como subterránea. La losa de hormigón tendida sobre las cabezas de los pilotes, o emparrillados, recibe las cargas de la superestructura y las distribuye entre los pilotes.

Los pilotes, por el rozamiento de su superficie lateral, y por la resistencia de la punta a la penetración en terreno firme, transmiten a este las cargas recibidas del emparrillado.

7. *Pozos.* Las pilas huecas, se hacen descender en el terreno, por debajo del agua extrayendo la tierra del núcleo. Solo es aplicable esta cimentación por pozos de descenso en terrenos uniformes y de grano fino, sin obstáculos tales como piedras grandes, troncos de árboles y restos de cimientos y de embarcaciones.

8. *Cajones flotantes.* Son grandes cajones abiertos por arriba y cerrados por abajo, que se transportan flotando hasta el lugar donde deben quedar colocados y que, al asentarse en el fondo del mar o del lago, quedan con las paredes sobresaliendo de 1 a 2 m por encima del nivel del agua. Se construyen en seco, en dique o astillero, se llevan al lugar de colocación a remolque o sobre andamiaje flotante, y que se hacen descender hasta el fondo por lastrado con piedras o con agua.

#### 9. *Cajones neumáticos*

Cajones fijos. Las paredes del cajón son tablestacados. Después de hincadas las tablestacas se construye sobre las cabezas de las mismas una losa de hormigón armado que soporta la esclusa de aire.

Cajones móviles. Son cuerpos huecos cuya paredes exteriores sobresalen de la losa de fondo aprox. 2,6m, siendo estas prolongaciones las que forman la cámara de trabajo, que al recibir de arriba la inyección de aire a presión queda en seco por el descenso del nivel de agua.

Ventajas de la cimentación con cajones. Todas las capas del terreno atravesadas por los filos pueden ser sometidas a pruebas de carga, y se pueden tomar de todas ellas muestras en su estado natural (sin destrucción), para ensayarlas en laboratorio. Todos los obstáculos que pudieran oponerse al descenso del cajón pueden ser eliminados sin dificultad.

Cajones ligeros. Cuando el descenso del cajón se inicia con este apoyado en un terreno firme, conviene construirlo con paredes gruesas (economía de armaduras), pero si el cajón se lanza suspendido de un andamiaje, que debe emplearse un cajón de paredes lo mas delgadas posible.

10. *Campana de buzo*. Es un aparato flotante trasladable de acero u hormigón armado, con cámara de aire comprimido para pequeños trabajos bajo el agua, como construcción de emparrillados sobre pilotajes y supresión de obstáculos para la navegación.

## ***b Impermeabilización de cimentaciones***

### Finalidad y exigencias

La impermeabilización de *cimientos* requiere un trabajo cuidadoso, debido a que los puntos defectuosos son difíciles de localizar, y solo tras un trabajo molesto, largo y costoso pueden repararse.

La protección de los *edificios* contra la humedad ascendente por capilaridad se ha de realizar en todo el espesor de las paredes, mediante capas horizontales de barrera formadas con cartón bituminoso, mastique asfáltico, ladrillos impregnados o morteros bituminosos.

### Procedimientos de impermeabilización

- a) *Adición de materiales* que taponen todos los huecos existentes.
- b) *Pinturas* de brocha, adecuadas para paramentos verticales.
- c) *Fluatado*, que solo esta indicado si el agua contiene acido carbónico o ácidos grasos.
- d) *Pegado de fajas impermeables* de cartón embebido en betún o de tejido de yute impregnado con asfalto, o también de hojas metálicas.
- e) *Aplicaciones con espátula*.
- f) *Revoques impermeables*, bien aplicados.

Todos estos procedimientos, excepto el d), son adecuados tanto para las superficies horizontales como para las verticales, los b) a f) requieren primero la ejecución de un fino enlucido de cemento.

### Trabajos de impermeabilización

1. *Con agua subterránea*, después de haber hecho descender el nivel del agua para dejar al descubierto el fondo de la obra, se hormigonan los planos de trabajo necesarios en el fondo y en las paredes, y luego se aplican las capas de impermeabilización. Por último se construye la obra definitiva de mampostería, ladrillo u hormigón.

2. *Con agua superficial*. Las precipitaciones atmosféricas afectan a todas las superficies horizontales o poco inclinadas, en las que pueden infiltrarse.

La capa de protección puede consistir en un tendido de hormigón armado con tela metálica, o bien en un embaldosado hidráulico; en ningún caso un enladrillado de recocho, pues las aristas y puntas agudas de los ladrillos dañarían la capa de impermeabilización.

Las superficies verticales de los elementos de obra con relleno posterior reciben pinturas o enlucidos, y se protegen por rellenos de piedra y captaciones de filtros inclinados, o en los casos más desfavorables, mediante fajas impermeabilizantes.

3. *Aguas pantanosas*. Esta agua, entre otras, son destructoras del hormigón. *Medios de protección*. a) empleando obra de ladrillo recocho o de piedra cristalina con mortero de cemento y trass. b) empleando un hormigón rico, con adición de trass, amasado con poco agua y consolidado por vibración, y pintado con emulsión bituminosa. c) si el contenido de materias perjudiciales en el agua es  $\geq 1000$  mg/l deben envolverse los cimientos con arcilla plástica o con fajas de impermeabilización. Si el contenido es menor, basta con un fluatado. d) para el amasado del mortero y el hormigón, no se empleara nunca el agua de pantano. Las piezas prefabricadas de hormigón no se podrán en contacto con el agua pantanosa sin que hayan pasado 6 semanas, por lo menos, después de su endurecimiento.

4. *Agua del mar*. La acción del agua del mar sobre el hormigón es, en parte, química y, en parte, mecánica, y tiene tanta menos importancia según el hormigón: a) haya sido amasado con agua de mar, b) se haya vertido en los

moldes dentro de agua de mar, o c) hayan sido sumergidas en agua de mar las piezas prefabricadas hechas con él.

*Medios de protección.* Las obras en el mar deben hormigonarse sin interrupción, es decir sin que queden juntas de trabajo. El hormigón debe ser de cemento sinterizado o fundido y trass, rico, compacto y amasado con poco agua (“hormigón con la humedad de la tierra”). Los cementos siderúrgicos ricos en sílice son preferibles a los cementos aluminosos ricos en cal.

## **B Definición**

La cimentación es la parte estructural del edificio, encargada de transmitir las cargas al terreno, el cual es el único elemento que no podemos elegir, por lo que la cimentación la realizaremos en función del mismo. Al mismo tiempo este no se encuentra todo a la misma profundidad por lo que eso será otro motivo que nos influye en la decisión de la elección de la cimentación adecuada.

La elección del hormigón para la cimentación se basa en la necesidad de obtener una cimentación estanca y de gran calidad, dependiendo de las características del medio y la posibilidad de que existan empujes de agua bajo la losa. Además se evita la posible compresión localizada que se podría producir debido a una gran diferencia entre el hormigón de la cimentación del resto de la estructura.

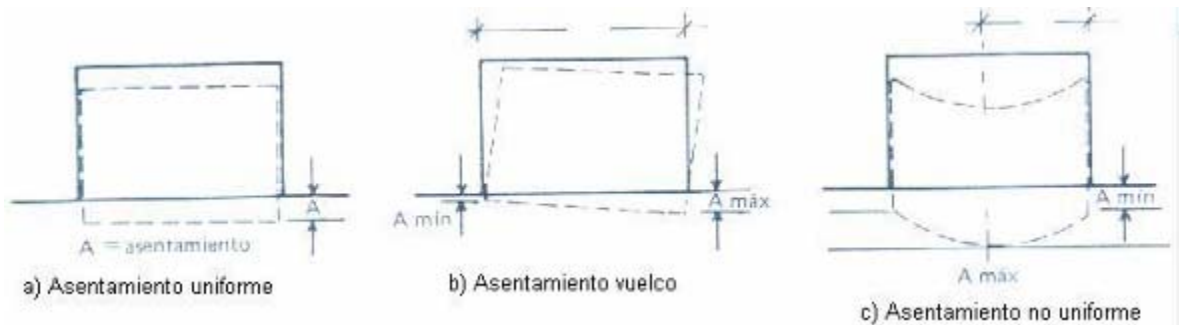
Tomando como condición fundamental que las cargas transmitidas por los cimientos no exceden la resistencia del suelo, aún en el caso de que se produzcan asentamientos, la estructura de cimientos debe absorberlos en tal forma que resulten uniformes, evitando así las diferencias que crearían deterioros en la vivienda, tales como la provocación de grietas en los muros exteriores (Ver figura 20).

Definiendo la cimentación propiamente dicha, es el material que media entre el terreno y los muros o entre terreno y estructura, según la naturaleza del edificio a construir. Lo ideal, por efectivo, rápido y económico, sería cimentar sobre material grueso –rocas- pero es difícil de obtener.

El objetivo de toda cimentación es producir la transmisión al terreno de todas las cargas y sobrecargas de la vivienda a proyectar. Estará claro que si encontramos terrenos suficientemente duros y firmes, no haría falta cimentación, sino que en la

misma rasante o superficie de la caja, conformada sobre el terreno, se podrían construir las paredes o estructuras.

Figura 20. Asentamientos



Fuente: Libro Construcción I (Obra Negra).

Dependiendo de los factores de profundidad y ancho, de un replanteo correcto y un piso nivelado de acuerdo con lo que exija el plano, entramos a dividir los tipos de cimentación utilizando la introducción a la parte de cimientos:

- Cimentación profunda.
- Cimentación superficial.
- Cimentación especial.

### ***Diseño estructural de las fundaciones***

En las normas de diseño de cimentaciones se indica expresamente que se calculen los elementos mecánicos, con fines de diseño estructural de la cimentación, para cada combinación de acciones. Por lo que se refiere a las presiones de contacto se establecen criterios fundados en la condición de equilibrio local y general, así como en la compatibilidad de deformaciones y que éstas no rebasen los valores máximos admisibles. Los pilotes deben diseñarse para poder resistir cargas verticales, horizontales, las debidas al transporte e hincado, así como las que se presenten como resultado del proceso de emersión en pilotes de punta.

## **2.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES**

### **Construcción de Cimientos en Seco (por encima del nivel de agua)**

#### **A Generalidades**

##### **a Cimentaciones en masa**

Como material de uso general para cimientos se tiene el hormigón en masa, raras veces la mampostería y con frecuencia, por razones económicas, el hormigón armado. Forma de los cimientos: elementos separados o fajas continuas según el material, la carga, la extensión y las posibilidades de sollicitación del subsuelo. La forma de la superficie de cimentación estará de acuerdo con las deformaciones del subsuelo provocadas por la carga.

*Losa aislada de cimentación.* El cálculo de la losa y la disposición de la armadura son como los de una losa en voladizo cargada por su cara inferior. La unión de estas losas se convierte en una cimentación por viga o losas continuas. Las bóvedas invertidas se emplean para cimentar una sucesión de pilas o contrafuertes.

Inconveniente: los extremos de la cimentación requieren robustos estribos para recibir los empujes horizontales que allí actúan por un solo lado. Para compensar las desigualdades de los hundimientos en los terrenos mineros se recurre a los colchones de arena, a los que conviene dar a veces forma de cuña.

#### **B Definición**

Son aquellas que apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas. Las cimentaciones superficiales engloban las zapatas en general y las losas de cimentación. En estructuras importantes, tales como puentes, las cimentaciones aún superficiales se apoyan a suficiente profundidad como para garantizar que no se producirán deterioros. Los distintos tipos de cimentación superficial dependen de las cargas que sobre ellas recaen.

Los componentes tradicionales de una fundación superficial típica son:



### **2.1.1 CIMIENTOS BASICOS**

Son un conjunto de elementos que reciben el peso de la construcción y distribuyen uniformemente la carga (en toda su longitud), al suelo de apoyo. Están compuestas por: el cimiento y el sobrecimiento

Al disponernos a realizar las cimentaciones de una edificación, lo primero que debemos de hacer es estudiar e interpretar el plano, para saber que tipo de cimiento es el que se especifica y los puntos donde se deben colocar las columnas de confinamiento. La cimentación puede ser:

- Cimiento ciclópeo.
- Cimiento mixto.
- Cimiento de concreto reforzado.
- Cimientos especiales.

De acuerdo a la ubicación y forma como llegan las cargas a los cimientos, estos pueden ser medianeros (excéntricos) o intermedios (centrados):

#### ***Medianeros (Excéntricos)***

Cuando el muro es medianero y por lo tanto se apoya en un lado de la cimentación, en este caso hay que colocar vigas de contrafuerte perpendiculares a la cimentación excéntrica (Ver figura 21), a no más de 3 mt, para que el cimiento no se voltee por efecto de la excentricidad de la carga que recibe.

#### ***Intermedios (Centrales)***

Cuando el muro sobre el eje de la cimentación y las cargas son aplicadas en su centro (Ver figura 22).

Figura 21. Muro medianero

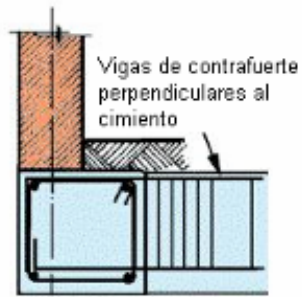
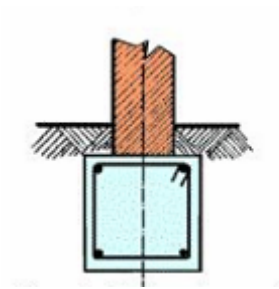


Figura 22. Cimiento intermedio



Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

### 2.1.1.1 CIMIENTO CICLÓPEO

#### Cimiento de Piedra

##### A Definición

Los cimientos de piedra son los apoyos de una construcción. Sirven para cargar el peso de toda una vivienda, repartiéndolo uniformemente en el terreno sobre el que se encuentra construida. La cimentación es necesaria en cualquier construcción aunque, en el caso, esta se haga por partes.

Este tipo de cimentación consta de un mejoramiento de terreno en hormigón ciclópeo y una viga de amarre en la parte superior de este, con un ancho equivalente al grueso del muro que se apoyará sobre él. La viga deberá tener una altura mínima, con una disposición de refuerzo como lo indica la NSR-98.

En terrenos cohesivos donde la zanja pueda hacerse con parámetros verticales y sin desprendimientos de tierra, el cimiento de concreto ciclópeo es sencillo y económico.

La piedra es el elemento más generalizado no sólo para nuestras zonas urbanas, sino también en el ambiente rural, donde es fácil observar como las cimentaciones se resuelven con material pétreo o ciclópeo, llamado así ya que comprende las rocas gruesas con diámetro promedio de 30 cm.

La roca excelente para la construcción, es aquella que no tiene grietas ni oquedades (huecos), o sea, espacios vacíos entre la masa rocosa y cuya rugosa superficie se adhiere mejor al material de agarre, cosa que no ocurre con las superficies lisas que siempre estarán expuestas al deslizamiento.

Podemos reconocer la roca para cimiento rompiéndola y viendo sus fragmentos; si éstos se presentan con aristas vivas propicias al corte, la piedra es dura y si estas aristas se presentan sin filo o con el canto romo, la roca es blanda. De todas maneras, dichos procedimientos aunque no muy precisos, son los que tendremos que utilizar si no podemos recurrir a estudios de laboratorio.

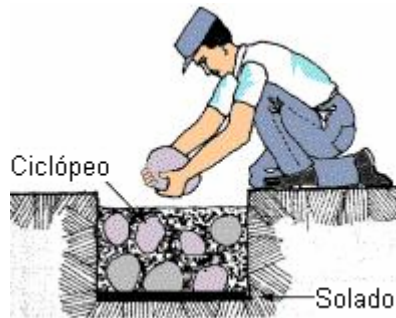
Este sistema de cimiento tiene la ventaja de resultar algo mas barato al eliminar la mano de obra del oficial u oficiales, ya que para la confección y puesta en obra del hormigón ciclópeo, no se requiere especialización alguna, bastando, por tanto, los obreros con la categoría de peones. La continuidad de este proceso en la transmisión de cargas se logra haciendo un trabajo de ubicación de rocas como si se tratara de una pared.

## **B Proceso de ejecución**

### ***a Preparación del ciclópeo***

1. Seleccionar:
  - Materiales
  - Herramientas
  - Equipo
2. Preparar sitio de trabajo:
  - La excavación
  - El lugar de preparación de la mezcla
  - El camino de transporte de la mezcla
3. Nivelar altura de cimentación a centro de zanja.
4. Preparar concreto u hormigón.
5. Transportar la mezcla.
6. Fundir solado y micropilotes si son necesarios.
7. Colocar la primera capa de piedra (Ver figura 23).

Figura 23. Colocación capa de piedra



Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

8. Nivelar corona de cimiento.
9. Después de tener el ciclópeo vaciado, se procede a construir sobre éste la viga de cimentación. Si se fundieron micropilotes es importante mandar a diseñar otro tipo de viga más resistente.

### 2.1.1.2 CIMIENTO DE CONCRETO REFORZADO

#### A Definición

Es un cimiento que da mejores características de soporte; está formado por concreto y armadura. Para conformar el cimiento se requiere una base en arena.

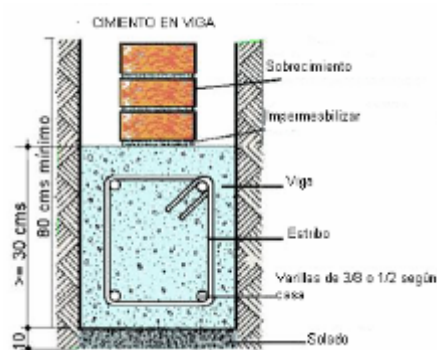
En la conformación de pisos para cimiento se han colocado hiladas de piedra o una capa de mortero. Al colocar en la base piedras, éstas quedarían sueltas creando dificultades internas de espacio no muy aconsejables desde el punto de vista de construcción; la capa de mortero daría buenas características si no se mezcla con material de base al tratar de conformarla, lo cual disminuye la resistencia.

La conformación de la armadura se realiza apoyados sobre técnicas y formas prácticas de trabajar los hierros, tanto para doblar como para amarrar y utilizando para cada operación planchones con puntillones, llamados burros, o mesas

rústicas en madera y una barra curva que permite templar los amarres para conseguir firmeza (bichiroque).

Este tipo de cimiento se diferencia del anterior en que todo el cimiento es construido como una viga en hormigón reforzado (Ver figura 24).

Figura 24. Cimiento de concreto reforzado



Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

## B Proceso de ejecución

La ejecución de esta malla de concreto u hormigón reforzado se realiza siguiendo los mismos pasos que se dieron para la malla de ciclópeo más viga; solamente difiere en que se realiza directamente sobre la excavación, sin encofrado y sobre un solado u hormigón de limpieza. Si se realizan micropilotes, también es necesario calcular otro tipo de viga de cimentación más reforzado.

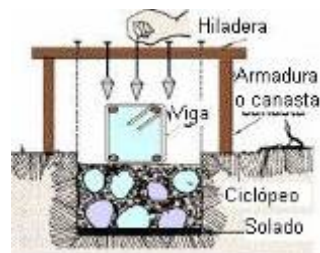
### a Construcción de viga de cimentación

1. Interpretar el plano estructural.
2. Medir, cortar y figurar el hierro.
3. La figuración de los estribos se realiza teniendo en cuenta el recubrimiento del hierro con hormigón.
4. Armar la canasta para la viga y la columneta.
5. Trasladar y colocar la canasta (Ver figura 25).
6. Colocar armazón de columnas de confinamiento.

7. Si la cimentación es en forma escalonada y si no se quiere hacer escalones, se puede utilizar un mejoramiento del terreno mediante un ciclópeo, hasta nivelar con el terreno el fondo de la zanja.
8. Armar y colocar formaleta o encofrados de madera.
9. Clavar y arriostrar el encofrado.
10. Se procede a fundir la viga para lo cual se utiliza un concreto u hormigón (Ver figura 26).
11. Nivelar corona de la viga.
12. Desencofrado y curado.

Los procedimientos que se deben llevar a cabo son según lo establece la norma NSR-98

Figura 25. Colocación de canasta



Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

Figura 26. Vibrado de hormigón



Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

**b    *Proceso constructivo de las armaduras***

- a) Limpieza en el momento de hormigonar.
- b) Estirado.
- c) Corte.
- d) Doblado.
- e) Ensamblado.
- f) Amarras de alambre.
- g) Empalmes.
- h) Estribos.
- i) Separadores.

**2.1.1.3                    CIMIENTO MIXTO**

**A    Definición**

En zonas donde la piedra es abundante suele aprovecharse esta como material de cimentación. Para grandes construcciones es necesario efectuar en un laboratorio de ensayo pruebas sobre la resistencia de la piedra de que se dispone.

Se emplea cuando las condiciones para cimentar las viviendas son bastante desfavorables, donde el suelo está en los límites de sostenimiento y el estudio establecido no recomienda económicamente desarrollar un cimiento reforzado a todo lo largo de la cimentación, pero que de todas maneras en una cantidad menor se exige conformar parte en dicho cimiento, compensando con un buen terminado la parte interior en cimiento ciclópeo.

Así tenemos:

- De mampostería.
- De mampostería hormigonada.

- De hormigón ciclópeo.
- De hormigón armado.
- De ladrillo.
- De piezas prefabricadas.

Si en la zona hubiera piedra a bajo costo, con buenas características, convendrá utilizarla al máximo en los cimientos. Si se dispone de partes de ladrillo, se pueden emplear en un hormigón pobre para configurar rellenos dentro del terminado de un cimiento o en partes donde el suelo tenga un buen comportamiento; con concreto, pobre y las partes de ladrillo configuramos el cimiento economizando costos sin deterioro de la obra. Por esto, es conveniente reconocer el hormigón pobre.

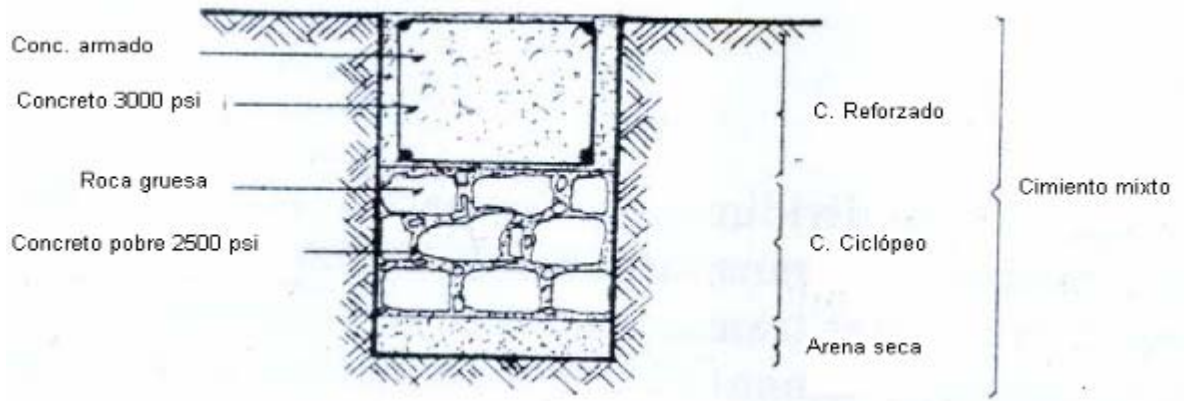
Dentro de la conformación de los cimientos se debe confirmar el dejar los huecos, pases o puentes para el paso de las cañerías de desagüe. Estas aberturas son fáciles de hacer en el momento de hormigonar, pero muy lentas y engorrosas si el hormigón ya ha adquirido resistencia, nunca se debe cortar las vigas de cimiento en su sección, siempre en el relleno o lecho.

## **B Proceso de ejecución**

1. Conformación de arena seca para formar el solado de aprox. 10 cm.
2. Colocación del cimiento ciclópeo aprox. 35 cm.
  - a. Colocar primera capa de concreto pobre de 2.500 psi.
  - b. Una segunda capa de roca gruesa.
3. Colocación de la segunda parte del cimiento, cimiento reforzado, para así formar una clase de cimiento mixto (Ver figura 27).
  - a. Se coloca una viga sobrecimiento de concreto armado, con concreto de 3.000 psi, mínimo de 20x20.

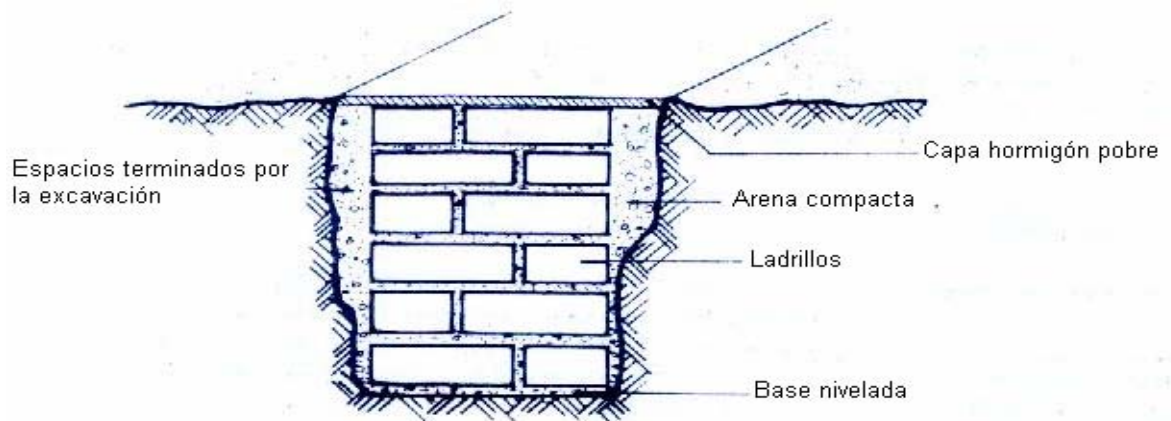
Otra forma de llevar a cabo un cimiento mixto es haciéndolo en mampostería de ladrillo (Ver figura 28), colocando los ladrillos, de manera organizada, sobre la superficie ya compactada, los espacios se llenan con arena compactada y se le da un acabado con una capa de hormigón pobre sobre la corona del cimiento.

Figura 27. Cimiento mixto



Fuente: Construcción I (Obra Negra).

Figura 28. Cimiento en mampostería de ladrillo



Fuente: Construcción I (Obra Negra).

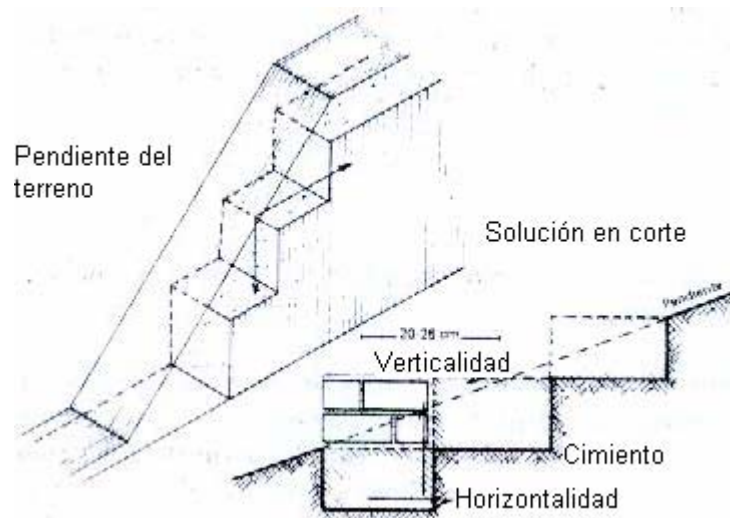
#### 2.1.1.4 CASOS ESPECIALES

##### A Cimentación sobre terreno inclinado

La cimentación deberá ser siempre horizontal. Para salvar dicha situación es conveniente realizar la excavación en forma escalonada (Ver figura 29). La explicación técnica a esta situación de escalonamiento es el efecto de compresión

que ejercen los elementos estructurales de la obra sobre el cimiento; si las fuerzas (pesos) de cargas verticales que comprimen van a actuar sobre un cimiento inclinado, éstas tenderán a seguir la pendiente y someterán el terreno a deslizamiento o derrumbes con deterioro de la vivienda.

Figura 29. Tratamiento a los terrenos inclinados



Fuente: Libro Construcción I (Obra Negra).

## B Sobrecimiento

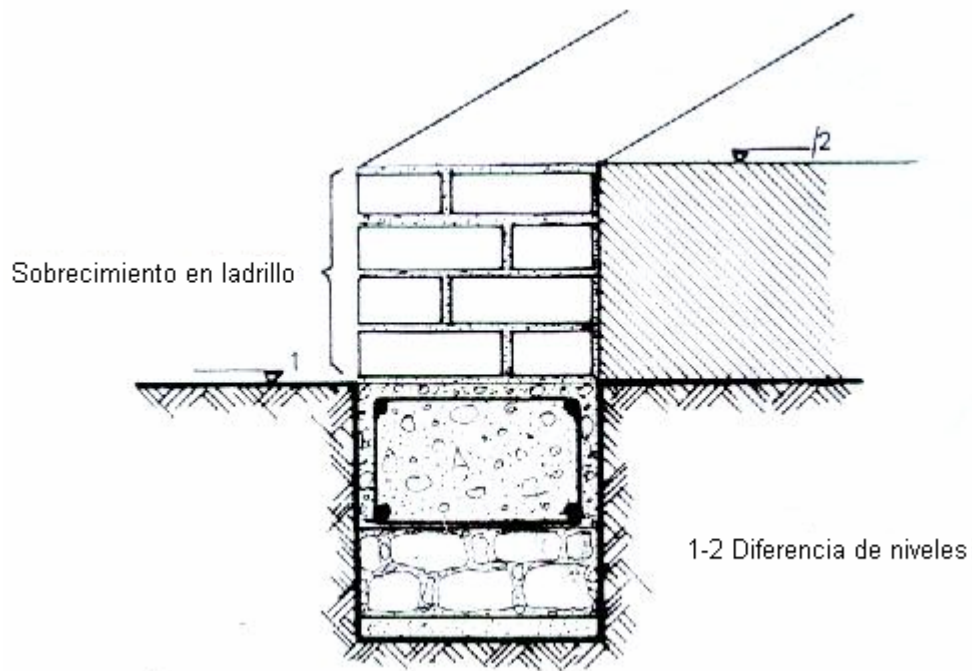
Se dan casos donde el terminado del cimiento es mucho más bajo que el nivel del terreno donde se va a situar la vivienda o parte de la vivienda, Y tendremos que transmitir la carga al cimiento por intermedio de algún elemento que garantice estabilidad y continuidad, generalmente empleando ladrillo macizo (recocado) para elevar la eficiencia.

*Sobrecimientos:* elementos estructurales que actúan como nexo entre el muro (o pilar) y el cimiento; son de ancho inferior a éste y superior o igual al muro (Ver figura 30).

Independientemente de los casos especiales, hay necesidad de hablar de los encofrados o recubrimientos en madera que permiten fundir cimientos de concreto, buscando una forma con ciertas variaciones. Las alteraciones se dan por la inestabilidad del suelo y se logra de esta forma la verticalidad del cimiento,

conformando un relleno compacto entre el cimiento y el talud, que se forma para unificar las cargas.

Figura 30. Sobrecimiento



Fuente: Libro Construcción I (Obra Negra).

### 2.1.2 ZAPATAS

Las zapatas pueden ser de hormigón en masa o armado con planta cuadrada o rectangular como cimentación de soportes verticales pertenecientes a estructuras de edificación, sobre suelos homogéneos. Las zapatas aisladas para la cimentación de cada soporte en general serán centradas con el mismo, salvo las situadas en linderos y medianeras, serán de hormigón armado para firmes superficiales o en masa para firmes algo más profundos.

De planta cuadrada como opción genera, de planta rectangular, cuando las cuadradas equivalentes queden muy próximas, o para regularizar los vuelos en los casos de soportes muy alargados o de pantallas.

Se independizaran las cimentaciones y las estructuras que estén situados en terrenos que presenten discontinuidades o cambios sustanciales de su naturaleza, de forma que las distintas partes de edificio queden cimentadas en terrenos homogéneos. Por lo que el plano de apoyo de la cimentación será horizontal o ligeramente escalonado suavizando los desniveles bruscos de la edificación. La profundidad del plano de apoyo o elección del firme, se fijara en función de las determinaciones del informe geotécnico, teniendo en cuenta que el terreno que queda por debajo de la cimentación no quede alterado, el tipo de cimentación a utilizar depende del tipo de terreno. Se pueden encontrar<sup>†</sup>:

a) *Zapatas aisladas*: son de carácter puntual, generalmente están constituidas por dados de hormigón de planta cuadrada.

b) *Zapatas atirantadas*: son de carácter puntual y trabajan en forma independiente, pero se encuentran unidas por una cadena apoyada al terreno.

c) *Zapatas y vigas de fundación*: la viga de fundación es un elemento estructural que permite tomar las cargas de muro y transmitir las a zapatas aisladas.

d) *Zapatas corridas*: cuando se trate de pilares alineados muy próximos a muros, o de equilibra cargas excéntricas sobre zapatas contiguas, se considera directamente el empleo de una zapata continua o zapata corrida.

### ***Empleo de zapatas armadas***

Una fundación de zapata en forma cúbica asume que el terreno de fundación excavado tendrá la misma forma y dimensión que la zapata. Sin embargo, el terreno puede ser de relativa mala calidad y obliga a sobreexcavar el suelo de fundación.

Si el volumen de sobreexcavación es muy grande, se recomienda utilizar moldajes para hacer la fundación y luego rellenar el espacio restante con un suelo de relleno.

---

<sup>†</sup> SOLMINIHAC TAMPIER, HERNAN E. DE. THENOUX ZEBALLOS, GUILLERMO. Universidad Católica de Chile. 2002. Procesos y Técnicas de Construcción. Ed. Alfaomega – México. p.219.

Si el número de zapatas es muy grande, puede incluso ser conveniente utilizar el diseño de los moldajes para producir volúmenes de hormigón más pequeños, pero respetando la dimensión de apoyo. En este caso si la forma se hace relativamente esbelta, se recomienda utilizar armaduras de refuerzo.

### **2.1.2.1 ZAPATAS AISLADAS**

#### **A Definición**

Es aquella zapata en la que descansa o recae un solo pilar. Encargada de transmitir a través de su superficie de cimentación las cargas al terreno. La zapata no necesita junta de dilatación pues al estar empotrada en el terreno no se ve afectada por los cambios térmicos. Importante es saber que además del peso del edificio y las sobre cargas, hay que tener también en cuenta el peso de las tierras que descansan sobre sus vuelos.

Se clasifican, según la relación existente entre el vuelo y el canto:

Tipo 1: Semi - rígida o flexible

El vuelo es igual a: la variación que hay de 0.5 veces la altura a la de 2 veces esta Solo se calculan a flexión.

Tipo 2: Maciza de cimentación o superrígida

El vuelo es menor a  $\frac{1}{2}$  de la altura. Hay veces que en este tipo de zapata no son necesarios los armados, todo depende de la resistencia del terreno.

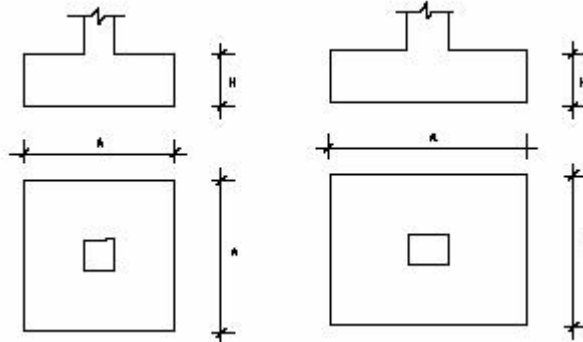
Tipo 3: Denominadas flexibles

Son las más económicas, pero su cálculo también es el más complicado, pues ha de realizarse a flexión, a cortante, a punzonamiento, y hay que tener en cuenta la adherencia entre el acero y el hormigón. El vuelo es mayor de 2 veces la altura.

#### **a Zapata aislada centrada**

Utilizadas cuando se debe transmitir una carga puntual al terreno, generalmente un pilar (Ver figura 31). Si el pilar es cuadrado la zapata, salvo condicionantes constructivas, tendrá en planta una sección cuadrada. Y si el pilar es rectangular, la zapata será rectangular, respetando las proporciones de aquel.

Figura 31. Zapata aislada centrada



### ***b Zapatas aisladas descentradas***

Las zapatas descentradas tienen la particularidad de que las cargas que sobre ellas recaen, lo hacen de forma descentrada, por lo que se producen unos momentos de vuelco que habrá que contrarrestar. Pueden ser de medianería y de esquina.

#### Formas de trabajo

Se solucionan y realizan como las zapatas aisladas con la salvedad de la problemática que supone el que se produzcan momentos de vuelco, debido a la excentricidad de las cargas. Soluciones para evitar el momento de vuelco.

#### Viga centradora

A través de su trabajo a flexión, tiene la misión de absorber el momento de vuelco de la zapata descentrada. Deberá tener gran inercia y estar fuertemente armada.

#### Vigas en planta primera

Para centrar la carga podemos recurrir a la colaboración de la viga o forjado superior al pilar de medianería.

La viga o forjado deberá dimensionarse o calcularse para la combinación de la flexión propia más la tracción a la que se ve sometida con el momento de vuelco inducido por la zapata.

### **c Zapata aislada de esquina**

Cuando el soporte o la zapata se encuentran limitados en sus dos dimensiones al estar situados en una esquina.

### **B Proceso constructivo**

- Desbroce del solar.
- Replanteo por medio de camillas previa explanación.
- Señalamiento o señalización de la superficie o perímetro de las zapatas y vigas.
- Fijar o marcar perfectamente los ejes mediante las camillas.
- Excavación siguiendo o guiados por el plano de replanteo hasta la cota que se considere como firme según el estudio geotécnico, no se excavarán los últimos 15 o 20 cm. del canto de la zapata si no se va introducir inmediatamente el hormigón de regulación o de limpieza.
- Refinado de paredes y del fondo hasta la cota del firme.
- Verter el hormigón de regularización.
- Disposición de las armaduras.
- Fijar a la parrilla los enanos de arranque del pilar.
- Colocación y fijado de las armaduras de las vigas de atado, riostras o centradoras.
- Vertido del hormigón por tongadas.
- Curado a base de riegos, 3 veces diarias durante la primera semana.

### **a Disposición de las armaduras**

La armadura calculada se distribuirá uniformemente en toda la superficie de la zapata a modo de mallazo.

Cuando hay cargas importantes se recomienda disponer una armadura perimetral de tracción.

## **b Recomendaciones**

- Disponer debajo de cada zapata una capa de hormigón de limpieza de al menos 15 cm.
- Cuando sea posible se dispondrán zapatas tipo 3 que son las más económicas.
- Por economía conviene disponer zapatas de canto constante; si se realizan ataluzadas es conveniente realizar un resalte para el encofrado mayor de 10 cm.
- Recubrimientos (constantes) y que serán en paramentos verticales mas de 5 cm. y respecto al hormigón de limpieza mas de 10 cm.
- Conviene ejecutar la superficie de cimentación con múltiplos de 10, facilita el replanteo y la ejecución de la ferralla.
- Cuando no sea posible el anclaje de los enanos, debido al insuficiente armado de estos, se dispondrán dos o tres barras de espera cuya suma de diámetros sea equivalente. En caso de zapatas de poco canto se dispondrá zapata flexible.

### **2.1.2.2 ZAPATAS CORRIDAS**

#### **A Definición**

Las zapatas corridas pueden ser bajo muros, o bajo pilares, y se define como la que recibe cargas lineales, en general a través de un muro, que si es de hormigón armado, puede transmitir un momento flector a la cimentación.

Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal.

Las zapatas corridas están indicadas cuando:

- Se trata de cimentar un elemento continuo, como por ejemplo un muro.
- Queremos homogeneizar los asientos de una alineación de pilares y nos sirve de arriostamiento.
- Queremos reducir el trabajo del terreno.

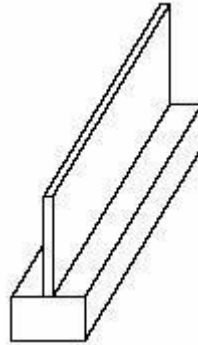
- Para puentear defectos y heterogeneidades del terreno.
- Por la proximidad de zapatas aisladas, resulta más sencillo realizar una zapata corrida.

**a Forma de trabajo**

Zapata corrida bajo muro (Ver figura 32)

Para el cálculo se considera invertida

Figura 32. Zapata corrida bajo muro

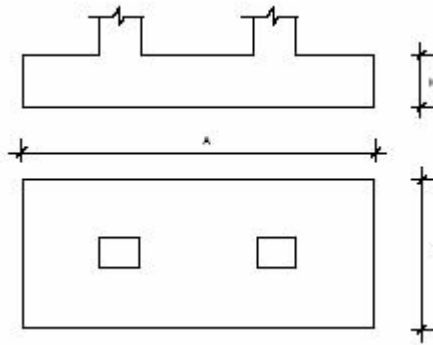


Zapata corrida bajo dos pilares

B.1 – Zapata combinada (Ver figura 33):

Aquella sobre la que apoyan dos pilares separados una distancia que oscila de 3 a 5 mt de distancia.

Figura 33. Zapata combinada



Para calcularla hay que hacer pasar la resultante de los esfuerzos provenientes de los soportes por el centro de gravedad de la zapata.

### B.2- Zapata asociada

Aquella sobre la que apoyan dos soportes muy próximos. se une por el bulbo de presiones.

Jugando con el vuelo desaparece el momento flector positivo, que en un primer momento nos aparece.

### B.3- Zapata corrida bajo tres o más pilares. Viga inversa o viga de cimentación.

Sección transversal:  
En forma de T  
Rectangular

Tenemos mayor superficie de cimentación y por lo tanto necesitamos menor respuesta del terreno, los pilares tienen una alineación.

Funciona:

Longitudinalmente: como una viga invertida  
Transversalmente: como una zapata

Técnicas de ejecución: Las técnicas de ejecución son las mismas que para las zapatas aisladas, partiendo del replanteo, movimiento de tierras.

### ***b Vigas de amarre***

Las vigas de amarre se diseñan y se construyen con el fin de soportar esfuerzos de tensión y para, como su nombre lo indica, amarrar otros elementos como el ladrillo o el bloque de cemento haciendo que estos trabajen unificadamente.

### Errores constructivos

Normalmente las vigas de amarre presentan fallas de origen constructivo causadas por los siguientes factores:

Concretos de baja calidad o pobres como consecuencia del uso de:

- Arenas con alto contenido de sustancias orgánicas.
- Arenas blancas, ricas en cuarzo.
- Aguas contaminadas y / o en cantidades inadecuadas.
- Gravas o balastos con los mismos problemas de las arenas.
- Concretos con hormiguero o mal vibrados.

### Errores estructurales

La poca importancia que generalmente se le da a las vigas de amarre nos lleva con mucha frecuencia, a no hacer ningún análisis de las mismas, por lo cual encontramos los errores siguientes:

- Insuficiencia del refuerzo.
- Refuerzo discontinuo.
- Traslapos insuficientes del refuerzo, tanto en tramos centrales como en las esquinas.
- Mala localización del refuerzo en la sección de concreto.

## **B Proceso de ejecución**

### Zapata corrida

La forma de ejecución de las zapatas corridas no varía mucho de la forma de ejecución de las zapatas combinadas, su diferencia se hace en el señalamiento o señalización de la superficie o perímetro de las zapatas, este perímetro cubre el terreno que va a ocupar la zapata en la que se apoya más de un pilar, o el perímetro del muro apoyado sobre ella.

### Viga de amarre

Las vigas de amarre tendrán un grueso igual al del muro y una altura mínima de 15 cm., con 4 varillas de 3/8 lisas de 240 MPa (2400 Kg./cm<sup>2</sup>), para un ancho

mínimo de 11 cm. y para anchos menores 2 varillas corrugadas de 1/2 y de 420 MPa (4200 Kg./cm<sup>2</sup>); cuando la viga vaya al mismo nivel de la losa, puede ser embebida en ella y con estribos cada 10 cm. en los extremos de la viga en un tramo de 50 cm. y en el centro se reparten a 20 cm.

Cuando la viga de amarre cumpla la función de dintel o apoyo para losa, esta tendrá que tener más hierro, por las cargas adicionales que tiene que soportar.

### Colocación de vigas de amarre

En general las vigas de amarre horizontales, deben colocarse:

En las cimentaciones, en todos los casos. A la altura de la losa, teniendo en cuenta que esta viga se puede colocar embebida en la losa.

### Recomendaciones

- Localizar adecuadamente el refuerzo, es decir, que las varillas superiores queden con un recubrimiento de 2.5 cm. de concreto y las varillas inferiores con igual especificación. No deberá utilizarse varillas que pasen por el eje de la viga.
- Anclar bien el refuerzo en las intersecciones de dos vigas. Es muy común observar, en esquinas de vivienda afectadas por sismos, que las vigas de amarre se separen a causa de un anclaje deficiente.
- Utilizar agua potable para preparar mezclas y evitar el uso de aguas provenientes de desechos industriales y agrícolas.
- Si alguna de las causas de fallas se presentan, se puede remover el tramo de viga afectada y procederse así :

Si la causa de falla se encuentra en el refuerzo se tiene que limpiar bien, adicionar el hierro faltante, lavar el concreto de los cortes y proceder a fundir, utilizando previamente una lechada de cemento, sin olvidar las amarras o soldaduras del refuerzo adicional. No sobra decir que se mejorará la calidad del concreto tanto en materiales como en vibración del mismo.

### 2.1.3 LOSAS O PLACAS DE CIMENTACION

#### A Definición

Es un elemento estructural de hormigón armado cuyas dimensiones en planta son muy elevadas respecto a su canto. Define un plano normal a la dirección de los soportes.

Cuando son insuficientes otros tipos de cimentación o se prevean asientos diferenciales en el terreno, aplicamos la cimentación por losas. En general, cuando la superficie de cimentación mediante zapatas aisladas o corridas es superior al 50% de la superficie total del solar, es conveniente el estudio de cimentación por placas o losas, rigidizada con vigas invertidas. Este tipo de fundación disminuye considerablemente los efectos de asentamientos diferenciales y es apta para suelos no homogéneos. También es frecuente su aplicación cuando la tensión admisible del terreno es menor de  $0.8 \text{ Kg./cm}^2$ .

*Losas o placas flotantes:* cuando es necesario construir estructuras muy sensibles a asentamientos en terrenos excepcionalmente pobre puede recurrirse a fundaciones de losa flotante.

#### a **Campo de aplicación**

- Los asientos en una cimentación directa son aproximadamente el doble de lo admisible.
- Para el sellado de cubetas sometidas a una sub-presión, evitando así que fluya el agua en un sótano.
- Estanqueidad de sótanos.
- Para la estabilidad de una cimentación por placa o losa es condición indispensable que la resultante de cargas y la reacción del terreno sean colineales y pasen por el centro de gravedad de la placa.

#### b **Forma de trabajo**

Su forma de trabajo es inversa a la de un forjado unidireccional. En la placa los pilares están más próximos y trabajan en las dos direcciones.

Se hormigona en dos fases:

Primer día la cara inferior para sujetar sobre ella el encofrado de las vigas reversas que sobresalen.

Día siguiente la cara o mitad superior hasta llegar a una junta de momento flector igual a 0.

Tercer día se hormigonaría lo restante.

### **c** *Tipología de losas*

- De espesor constante.
- Con refuerzos o capiteles.
- Nervada.
- Aligerada.
- Especiales con alvéolos.
- En forma de cajón.

### **B** **Proceso de ejecución**

- a) Capa de bolos o piedra de escollera apisonadas en el suelo para evitar que suba el agua por capilaridad.
- b) Dos capas de zahorra compactas.
- c) Hormigón de regularización.
- d) Membrana impermeabilizante.
- e) Capa de hormigón de áridos finos (5cms) para proteger la membrana.
- f) Mallazo con calzos.
- g) Armaduras de refuerzo y de momento.

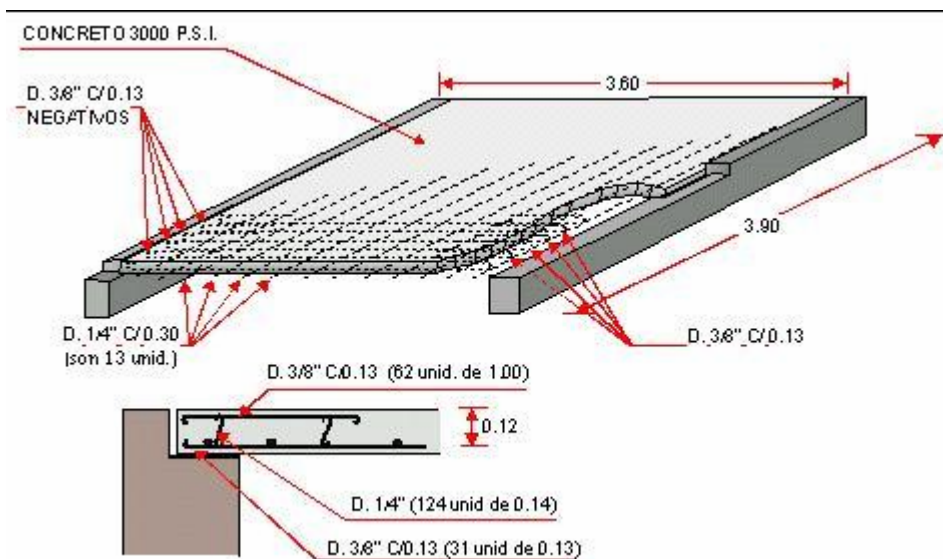
- h) Mallazo superior con los distanciadores además de armadura de refuerzo y de momento + mas armaduras de cortante.
- i) Armaduras de los enanos de pilares con sus cercos.
- j) Vertido de hormigón por tongadas y vibrado, excepto en zona del pilar.

### C Disposición de las armaduras

Se dispone de barras dobladas en las dos direcciones para absorción del cortante cuando el canto de hormigón no es suficiente.

Las armaduras se colocan: Dos mallazos de montaje + Armaduras de momento + y momento - en la dirección de los pilares, a modo de vigas reversas + las barras dobladas necesarias para la absorción del cortante en las proximidades de los pilares (Ver figura 34).

Figura 34. Disposición de la armadura



Fuente: [www.losconstructores.com](http://www.losconstructores.com)

### D Recomendaciones

- Disponer bajo la losa una capa de hormigón de regularización de 10 cm. y apoyar las armaduras en el mediante los calzos.

- Si es posible , conviene que las losas sean de espesor constante • La junta placa soporte será muy rugosa.
- Las juntas coincidirán con las juntas de retracción para disminuir el número de ellas y evitar que el hormigón dilate en función del clima.
- Las juntas tendrán el tratamiento adecuado y estarán en los lugares de momento flector mínimo y se dispondrán en el talud natural del hormigón.
- El canto mínimo será de 25 cm.
- Separación entre armaduras mas de 10 cm. y menos de 30 cm.
- Recubrimiento lateral mas de 5cm., con el hormigón de limpieza entre 5 y 10 cm.
- Evitar que la diferencia de cargas en distintas direcciones de pilares sea mayor del 50%.

## 2.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS

### 2.2.1 Generalidades

En el Tomo III<sup>†</sup> del Manual del Ingeniero de la Academia Hütte de Berlín, se destacan los siguientes métodos para formar un cuerpo firme entre la base de apoyo de la construcción y la capa profunda del terreno resistente.

1. *Colchón continuo de arena y grava.* Terraplenado con este material, que se consolida por vibración, después de haber separado por completo todas las capas de terreno inaprovechables.
2. *Consolidación de las capas de terreno suelto.* Procedimientos mecánicos. El apisonado y ruloteado de arena, gravilla, cascajo, etc.

La consolidación con vibradores verticales. Las inyecciones a presión de lechada de cemento. En las inyecciones Shell-Perm se utilizan los betunes para el relleno de los huecos.

---

<sup>†</sup> ACADEMIA HÜTTE DE BERLIN. Barcelona 1965. Manual del Ingeniero Tomo III. Ed. Gustavo Gili, S.A. p. 904.

Procedimientos químicos. En el procedimiento Joosten se utilizan dos soluciones líquidas, ácida y salina.

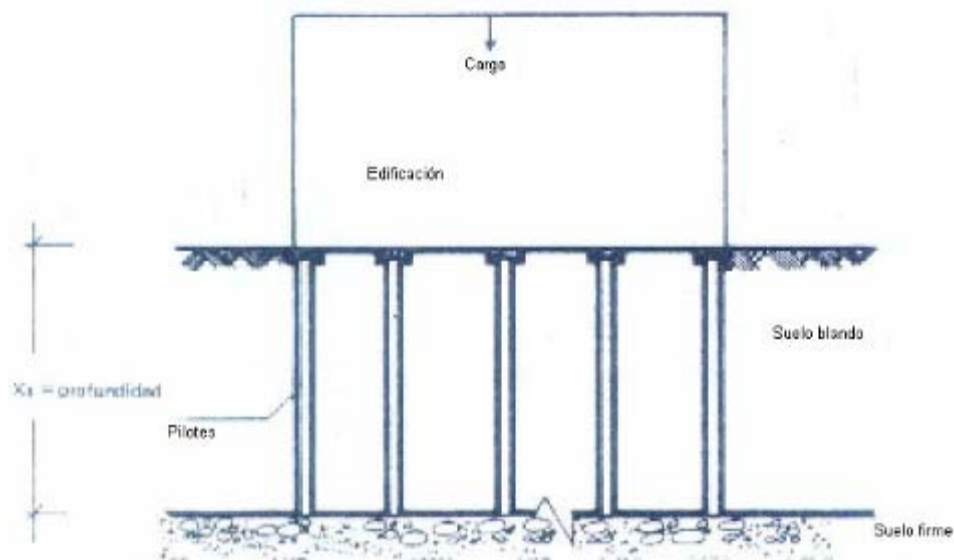
Los procedimientos mecánico y químico pueden ser ambos convenientes en una misma obra.

3. *Pilares y muros de cimentación.* Lo mismo que los pilotes, sirven para la transmisión de fuertes cargas aisladas al terreno firme, atravesando las capas deleznable del subsuelo. Los pilares pueden ser macizos, de piedra, hormigón en masa o armado; o huecos de hormigón armado o de ladrillo.

Pilares y paredes se construyen en zanjas y pozos entibados siempre que las condiciones o dificultades del terreno rocoso exijan la entibación. La cimentación por pozos de descenso es la indicada para atravesar terreno suelto de grano fino.

4. *Cimentaciones con pilotes.* Las cargas de la obra son contrarrestadas por el rozamiento entre la superficie lateral de los pilotes y el terreno, o por la resistencia que la capa de terreno firme opone a la penetración de las puntas de los pilotes (Ver figura 35).

Figura 35. Edificación sobre pilotes



Fuente: Libro Construcción I (Obra Negra).

### 2.2.2 Definición

En terrenos de escasa resistencia, en los que la zona para recibir las cargas está a gran profundidad o cuando se trata de terrenos con cantidades de agua considerable, se recurre al sistema de pilotaje, con el objetivo de transmitir las cargas sobre un estrato de terreno a otro de mayor resistencia, ahorrando la total excavación para situarnos en dicha capa competente o disminuir costos de grandes cimentaciones.

Este tipo de cimentación se utiliza cuando se tienen circunstancias especiales:

- Una construcción demasiado extensa en el área de cimentar.
- Una obra con una carga demasiado grande no pudiendo utilizar ningún sistema de cimentación especial.
- Que el terreno a ocupar no tenga resistencia o características necesarias para soportar construcciones muy extensas o pesadas.

Las cimentaciones profundas son las siguientes:

- Pilotes: Son elementos de cimentación esbeltos que se hincan (pilotes de desplazamiento prefabricados) o construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno (pilotes de extracción ejecutados in situ).
- Encepados
- Caissons

Según su forma de ejecución:

- Por sustitución: básicamente esta cimentación es material extra de la excavación en el terreno y es el proporcional de la construcción.
- Por flotación: esta clase de cimentación se basa con el principio de Arquímedes.
- Por pilotación: Se tienen dos formas de pilotes:
  - Pilotes trabajando con apoyos directos.
  - Pilotes que trabajan mediante fricción

## 2.2.1 PILOTES

### A Definición

En ocasiones, encontramos diversas dificultades para encontrar el estrato resistente o firme donde queremos cimentar. O simplemente se nos presenta la necesidad de apoyar una carga aislada sobre un terreno sin firme, o difícilmente accesible por métodos habituales.

En estos casos se recurre a la solución de cimentación profunda, que se constituye por medio de muros verticales profundos, los muros pantalla o bien a base de pilares hincados o perforados en el terreno, denominados pilotes.

En cualquier caso el objetivo es adoptar una solución constructiva que reúna las siguientes condiciones:

- Facilidad en la ejecución.
- Garantía en el comportamiento resistente.

Cuando la relación que existe entre la profundidad y el ancho de la base de un cimiento es mayor que 5, calificamos a la cimentación como profunda.

Se denomina pilote a un elemento constructivo, soporte, utilizado para cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad que dificulta o encarece una cimentación directa, es decir, el pilotaje es una solución apropiada para terrenos malos en los cuales no es posible usar zapatas o losas de fundación.

Los pilotes son piezas largas, cilíndricas o prismáticas, de madera, hormigón, o metal, que hundidas en el suelo, sirven de fundaciones o de estructura para cortinas de tablestacas.

### ***Principio de funcionamiento***

Los pilotes transmiten al terreno las cargas que reciben de la estructura mediante una combinación de rozamiento lateral o resistencia por fuste (longitud de la parte

hundida en el suelo) y resistencia a la penetración o resistencia por punta. Ambas dependen de las características del pilote y del terreno, y la combinación idónea es el objeto del proyecto. Los pilotes resistentes a la penetración o soportantes obtienen dicha resistencia, por el apoyo del extremo inferior en terrenos de buena calidad, de modo que el pilote trabaja como una columna. En los pilotes de rozamiento lateral o fricción, la resistencia se debe al roce entre el pilote y el terreno circundante.

En muchos casos las teorías que permiten estimar la resistencia de fuste y la resistencia de punta son de tipo empírico. Por lo tanto, es sumamente importante conocer el origen y las condiciones bajo las cuales determinadas fórmulas de cálculo son válidas.

En su libro, *Procesos y Técnicas de Construcción*, Solminihac nos clasifica los pilotes como sigue:

### ***Clasificación de los pilotes***

Según su función:

- a) *Pilotes de fricción*: son elementos estructurales que transmiten las cargas al suelo principalmente a través de su superficie lateral y que unidos con una losa corrida o un cajón y un conjunto de contratrabes, forman un sistema de cimentación adecuado para edificaciones de altura moderada. Se emplean normalmente si existen estratos blandos de espesor considerable.
  
- b) *Pilotes de punta*: los pilotes de punta son elementos estructurales que se colocan en el interior del suelo para que la fuerza que se aplica en la parte superior se transmita a un estrato resistente en la punta.

Los pilotes pueden servir para las siguientes funciones:

- *Pilotes sometidos a arrancamiento*: cuando están sometidos a fuerzas de arranque, es necesario proyectarlos en tal forma que el peso de la zapata y de la tierra sea por lo menos 1,5 veces superior al arranque.
  
- *Pilotes como solución para consolidar terrenos blandos por desplazamiento*.
  
- *Pilotes que sirven de estructura para cortinas de tablestacas*: en estos casos, el macizo contenido por la cortina ejerce esfuerzos laterales de empuje que producen en los pilotes, y especialmente en su parte libre, esfuerzos de flexión y

cortadura. Estos pilotes se calculan como voladizos empotrados sometidos a flexión compuesta.

Según el material a utilizar (Ver tabla 2):

Los pilotes de madera tienen la ventaja de ser baratos. Además, son ligeros y, por consiguientes, de fácil manejo. Como pueden absorber flexiones, admiten ligeras desviaciones durante la hinca.

Entre los inconvenientes hay que anotar que la fuerza portante, es relativamente pequeña teniendo en cuenta los diámetros comunes, y su longitud es a veces insuficiente.

No admiten ciclos alternados de sequedad y humedad, y pueden ser atacados por ciertos organismos marinos. Estos últimos inconvenientes se pueden contrarrestar mediante la impregnación (tratamiento para prevenir la pudrición y el ataque de organismos vivos).

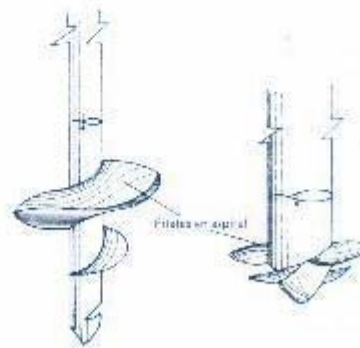
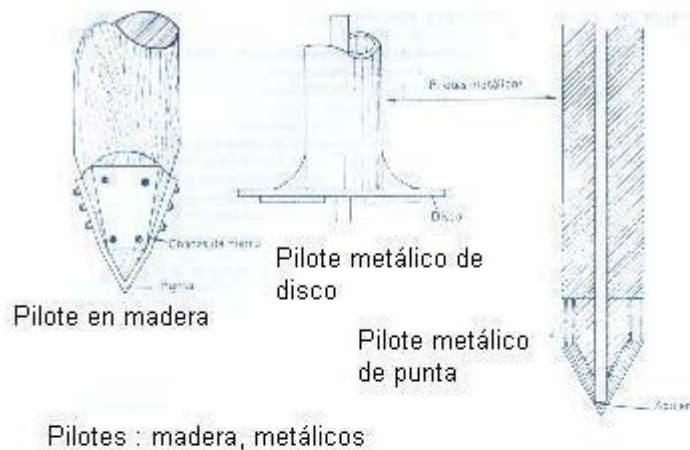
Tabla 2. Clasificación de pilotes según su material

Pilotes	Tipo	Observaciones
Pilotes de madera	De punta De tornillo	Son árboles derechos bien seleccionados con diámetro entre 20 a 30 cm.; se revisten con hormigón, hierro y sustancias contra deterioros.
Pilotes metálicos	De disco	Se caracterizan porque en su parte inferior tienen una plancha circular (disco) permitiendo con inyección de agua la entrada del pilote.
	De punta	Son pilotes metálicos con punta que se apuntala (hinca) por percusión o por inyección.
	De tornillo	Son pilotes con espiral en la punta que al girar lo va introduciendo en el terreno. Su función se da con respecto a la dureza del suelo.
Pilotes de hormigón	Armados Prefabricados <i>In situ</i> Pretensados	Los pilotes de hormigón se utilizan solo en profundidades relativamente pequeñas, los prefabricados se traen ya fabricados, solo resta hincarlos en los puntos determinados. El prefabricado <i>in situ</i> obedece a una excavación con equipo de perforación y armadura lista con disposición del concreto para fundir. El pretensado se refiere a la tensión de los hierros de acuerdo con las cargas por soportar.

Fuente: Libro Construcción I (Obra Negra).

Los pilotes de acero se emplean cuando se presume intensa resistencia a la hincada y, por consiguiente, fuertes golpes del martinete. Su hincada puede realizarse por elementos de pequeña longitud que se unen por roblonado o soldadura. Sus dimensiones transversales son pequeñas. Su mayor inconveniente es su sensibilidad a la corrosión. A menos que se les provea de dispositivos especiales, su resistencia al arrancamiento es pequeña (Ver figura 36).

Figura 36. Pilotes según el material



Pilotes de tornillo

Fuente: Libro Construcción I (Obra Negra).

Atravesan fácilmente las capas resistentes y presentan una resistencia elevada a los esfuerzos de flexión y cizallamiento.

Pilotes de hincada de hormigón armado con sección maciza o hueca. Son muy utilizados por ser más económicos que los de acero y más duraderos que los de

madera. Son más pesados y su manejo más delicado. El desalojamiento del terreno durante la hincada contribuye eficazmente a la consolidación del suelo, pero provoca en este fuertes vibraciones. Son muy sensibles a los ácidos. El transporte y la elevación de los pilotes requieren precauciones para que no se presenten inadmisibles esfuerzos de flexión, que podrían causar el agrietamiento, en las capas difíciles de atravesar, que a la larga abren camino a la corrosión de las armaduras.

Su resistencia es muy superior a la de los pilotes de madera. Sus dimensiones pueden fijarse en función de las necesidades, y su enlace con las estructuras situadas sobre ellos, es fácil.

*Pilotes construidos en el propio terreno.* Se emplean con todos los tipos de terreno. La longitud de los pilotes se adapta automáticamente al terreno encontrado. Por otra parte, la rugosidad de su fuste y la base ensanchada que puede dárseles, aumenta su poder portante, así como la resistencia al arrancamiento.

En cambio, presentan el grave inconveniente de un difícil control de la corrección de su ejecución y de la puesta en obra del hormigón.

*Circunstancias que deben considerarse en los sistemas de pilotes para conseguir una elevada capacidad de carga:* compactación del terreno por la hincada de los tubos con azunche de acero o con punta de hormigón; distensión del terreno por la penetración de hormigón o grava cuando se saca el tubo; la resistencia a la penetración de la punta del pilote se aumenta dándole forma de bulbo, y el rozamiento de la envoltura se aumenta mediante bordones. Se evitan las vibraciones del terreno al hincar los tubos con martinete empleando el barrenado (rotación) o la introducción con prensa hidráulica se tramos de tubo que se van empalmando por rosca o soldadura. Se evitan así perjuicios en las construcciones o pilotes inmediatos, que en caso contrario habría que recalzar o reforzar. El pilote de hormigón queda protegido contra los ácidos humitos dejando enterrado el tubo de acero.

Según su forma de trabajo:

- *Pilotes rígidos de primer orden.* Aquellos cuya punta llega hasta el firme transmitiéndole la carga aplicada a la cabeza. La acción lateral del terreno elimina el riesgo de pandeo.

- Pilotes flotantes. Aquellos cuya punta no llega al firme, quedando hincado en el terreno suelto y resistiendo por adherencia, su valor resistente es función de la profundidad, diámetro y naturaleza del terreno. Se sitúan en terrenos de resistencia media baja, y transmiten su carga por rozamiento, a través del fuste.
- Pilotes semi-rígidos. Aquellos cuya punta llega hasta el firme, pero este está tan profundo, o es tan poco firme, que el pilote resiste simultáneamente por punta y por adherencia.

Según su forma de ejecución:

- Pilotes de hinca prefabricados. Se construyen con elementos prefabricados, generalmente de acero, que se hincan en el terreno mediante martillo neumático (piloteadora), constituidos en toda su longitud mediante tramos ensamblables. Son relativamente caros ya que están fuertemente armados para resistir los esfuerzos durante el transporte y el hincado en el terreno. Una vez hincado en el terreno, este ejerce sobre el pilote y en toda su superficie lateral, una fuerza de adherencia que aumenta al continuar clavando más pilotes en las proximidades, pudiendo conseguir mediante este procedimiento, una consolidación del terreno. Es importante indicar que la operación de hincado del pilote debe realizarse siempre de dentro hacia fuera.
- Pilotes hormigonados in situ. Se construyen en el lugar, como el nombre lo indica. La denominación se aplica cuando el método constructivo consiste en realizar la perforación que ocupará el pilote, la cual se mantiene rellena con una mezcla de agua y bentonita como forma de evitar el desmoronamiento de las paredes. Su técnica de ejecución es similar a la de una zapata profunda, realizada mecánicamente desde la superficie (Ver figura 37).

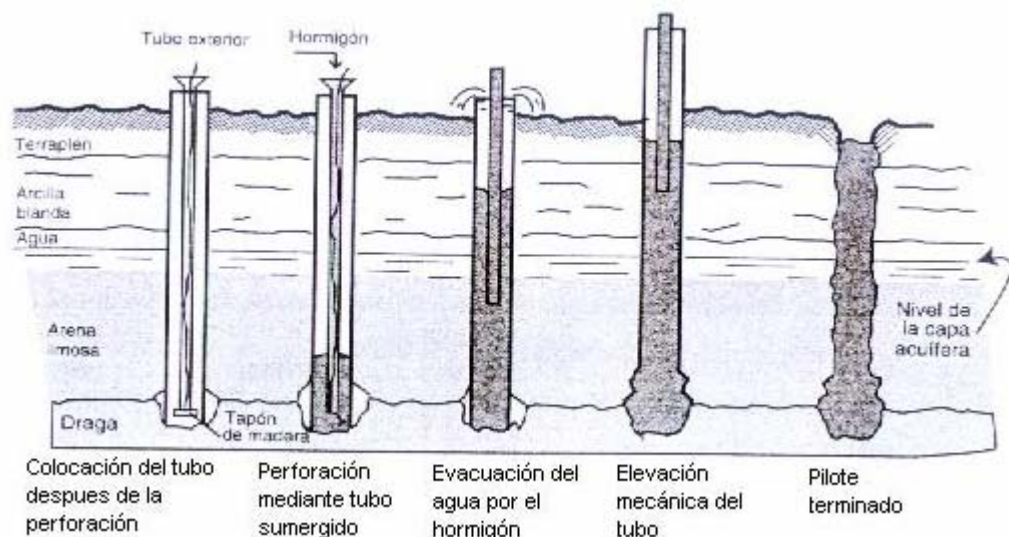
Una vez que la perforación alcanza la profundidad especificada, la cual puede ser del orden de decenas de metros, se introduce la armadura de acero y se hormigona con un caño que llega hasta el fondo y va desplazando la bentonita por hormigón. Se trata, en este caso, de pilotes de hormigón armado

Los pilotes in situ se subdividen

- Pilotes de hinca o apisonados, realizados con entubación, recuperable, disponiendo un tapón perdido o azuche en la punta.

- Pilotes perforados, mediante la utilización de cucharas especiales, que permiten realizar perforaciones en el terreno, pudiendo utilizar o no, una entubación recuperable.
- Pilotes barrenados, en el que se introduce el hormigón a la vez que se extrae el terreno.
- Pilotes perforados por hélice o berbiquí, sin entubación; hormigonados con trompa desde el fondo de la perforación.
- Pilotes de entubación perdida, normalmente empleados cuando el nivel freático existente, es de considerable importancia. Generalmente se ejecutan con doble entubación, una recuperable, la que sirve de guía y otra perdida.

Figura 37. Hormigonado por tubo central de un pilote in situ



- Pilotes hincados in situ. Se realizan mediante una pilotera que sostiene un caño de acero, en cuyo interior se dispone la armadura, que inicialmente se apoya en la superficie del terreno y que se va hincando mediante golpes de martinete aplicados a una mezcla de hormigón seco que se va vertiendo en el interior. Esto hace que el conjunto descienda, penetrando el terreno, tarea que se prolonga hasta que se produce lo que se denomina rechazo. En este punto, la pilotera saca el tubo metálico tirando de él, a la vez que aplica golpes a la mezcla para que el pilote recién construido se mantenga en el lugar.

El rechazo indica que se ha llegado a un estrato con capacidad de soporte adecuado. Lo mismo es aplicable para los pilotes hincados dado que, de seguir golpeándolos, se romperían.

#### Según el sistema constructivo:

- Pilotes prefabricados hincados, o apisonados, ejecutados a base de desplazamiento del terreno.
- Pilotes excavados o perforados, ejecutados a base de extracción de tierras y relleno de hormigón armado.

#### Según el diámetro del pilote:

- Micropilotes: diámetro menor de 200 mm. Se emplean en obras de recalce.
- Pilotes convencionales: de 300 a 600 mm.
- Pilotes de gran diámetro: diámetro mayor de 800 mm.
- Pilotes pantalla, de sección seudo rectangular.
- Pilotes de sección en forma de cruz.

#### ***Partes de una cimentación por pilotaje***

- Soporte o pilar: Elemento estructural vertical, que arranca del encepado.
- Encepado o dado: Pieza prismática de hormigón armado similar a una zapata aislada, encargado de recibir las cargas del soporte y repartirlas a los pilotes.
- Vigas riostras: Elementos de atado entre encepados. Son obligatorias en las dos direcciones si el encepado es de un solo pilote. En encepados de dos pilotes es obligatorio el arriostramiento en al menos una dirección, la perpendicular a la dirección de su eje de menor inercia.
- Fuste del pilote: Cuerpo vertical longitudinal del pilote. Las cargas son transmitidas al terreno a través de las paredes del fuste por efecto de rozamiento con el terreno colindante.
- Punta del pilote: Extremo inferior del pilote. Transmite las cargas por apoyo en el terreno o estrato resistente.

- Terreno circundante. Los pilotes pueden alcanzar profundidades superiores a los 40 m. teniendo una sección transversal de 2-4 m., pudiendo gravitar sobre ellos una carga de 2000 t.

La eficacia de un pilote depende de:

- El rozamiento y la adherencia entre el suelo y el fuste del pilote.
- La resistencia por punta, en el caso de transmitir compresiones. Ante posibles esfuerzos de tracción, se puede ensanchar la parte inferior del pilote, de forma que trabaje el suelo superior.
- La combinación de las dos anteriores.

**Aplicaciones**

El empleo de cimentaciones mediante pilotaje esta indicado en los siguientes casos:

- Cuando la carga transmitida por las estructuras no puede ser distribuida en el terreno de forma uniforme mediante el empleo de sistemas de cimentación directa como zapatas o losas.
- Cuando el nivel del firme no puede ser alcanzado de forma sencilla o se encuentra a gran profundidad.
- Cuando los estratos superiores del terreno son poco consistentes hasta cotas profundas, contienen gran cantidad de agua o bien se necesita cimentar por debajo del nivel freático.
- Cuando se prevea que los estratos inmediatos a la superficie de cimentación pueden determinar asientos imprevisibles de cierta importancia.
- Si se quiere reducir o limitar los posibles asientos de la edificación.
- En presencia de grandes cargas y concentradas.
- Si las distintas capas superficiales de los terrenos pueden sufrir variaciones estacionales como hinchamientos, retracciones, etc.
- En edificaciones sobre el agua.

## ***Precauciones constructivas***

### Colocación de hormigón in situ

Una distancia mínima entre la piloteadora y la colocación del hormigón debe ser especificada. Se han realizado pruebas que muestran que las vibraciones provenientes de la piloteadora no tienen efectos contrarios sobre el hormigón fresco, y un criterio de un pilote abierto entre las operaciones de perforación y las de vaciado es considerado como satisfactorio.

El cascarón, tubo o tubería debe ser inspeccionado justo antes a rellenarlo con hormigón y debe estar libre de material extraño y no contener más de cerca de 4 pulgadas de agua a menos que se utilice tremie para la colocación del hormigón. El hormigón debe ser colocado en cada agujero o camisa sin interrupción. Si es necesario interrumpir el proceso de vaciado de hormigón por un intervalo de tiempo lo suficientemente largo como para que se de un endurecimiento inicial del hormigón, se deben colocar dovelas de acero en la parte superior del hormigón del pilote. Cuando el vaciado es suspendido, toda la rebaba debe ser removida y la superficie del hormigón debe ser lavada con una lechada fluida.

### Vaciado con Tremie

El método Tremie debe ser usado para vaciar hormigón a través de agua. El hormigón puede ser vaciado en el tubo tremie o bombeado a través de una tubería tremie. El fondo del tremie debe ser cerrado con una válvula para prevenir que el hormigón entre en contacto con el agua en el tremie. El tremie debe descansar en el fondo de la camisa antes de que inicie el vaciado del hormigón. Cuando inicie debe ser elevado a una pocas pulgadas para iniciar el flujo del hormigón y para asegurar un buen contacto entre en hormigón y el fondo de la camisa o agujero.

Como el tremie es elevado durante el vaciado, se debe mantener por debajo de la superficie del hormigón en el pilote. Antes de retirar el tremie completamente, se debe vaciar suficiente hormigón para desplazar toda el agua libre y el hormigón diluido.

## **B Proceso de ejecución**

### Pilotes prefabricados hincados

- Desbroce del solar.

- Replanteo previa explanación.
- Señalización del perímetro de la cimentación.
- Marcar posición de los pilotes.
- Excavación hasta la cota que se considere como firme.
- Llenado de la excavación con agua y bentonita.
- Colocación de la armadura.
- Verter el hormigón.

#### Pilotes excavados o perforados

- Desbroce del solar.
- Replanteo previa explanación.
- Señalización del perímetro de la cimentación.
- Marcar posición de los pilotes.
- Hincado del pilote sobre el terreno a cimentar.
- Enterrado de pilote por medio de martinete.

### **2.2.2 ENCEPADOS**

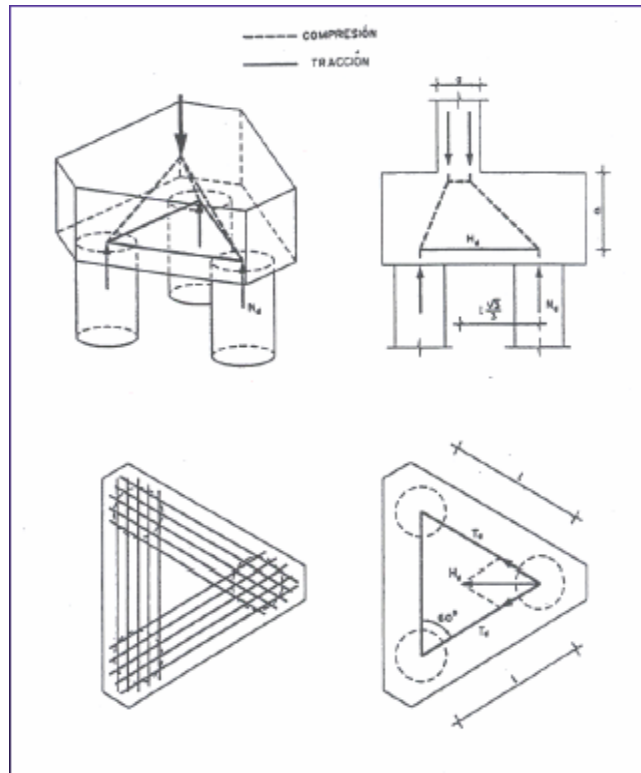
#### **A Definición**

Para completar la solución de pilotajes como sistema de cimentación profunda, debe de ejecutarse en la cabeza de los pilotes el elemento que denominamos encepado.

Definimos el encepado como una pieza prismática que une las cabezas de un grupo de pilotes que trabajan conjuntamente (Ver figura 38). Como caso particular,

pueden existir encepados de un solo pilote. El encepado sirve de base al soporte que descansa sobre el, de forma análoga a lo que sería una zapata aislada.

Figura 38. Encepado para tres pilotes



Se puede decir que es el elemento de transición entre la estructura y los pilotes. Como hemos dicho que los encepados son elementos análogos a las zapatas, la norma establece una tipología de clasificación similar para unos y otras (Ver figura 39).

Tipo 1 Incluye los casos en que el vuelo máximo en encepados está comprendido entre los límites  $0,5 h$  y  $1,5 h$ .

Tipo 2 Incluye los casos en que el vuelo máximo es inferior a  $0,5 h$ .

Tipo 3 Incluye los casos en que el vuelo máximo en encepados a  $1,5 h$ .

Siendo  $V$  el vuelo, y  $h$  el canto. Normalmente se emplean encepados tipo 1 y 2, es decir piezas bastante rígidas que permiten economizar en disposición de armado.

No se podrá en ningún caso proyectar encepados de hormigón en masa apoyados sobre pilotes.

Figura 39. Tipos de encepados

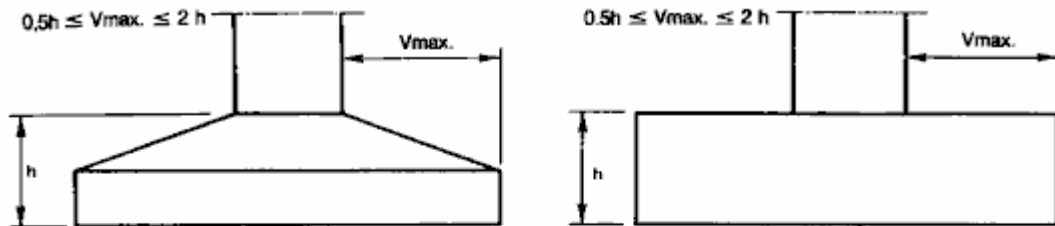
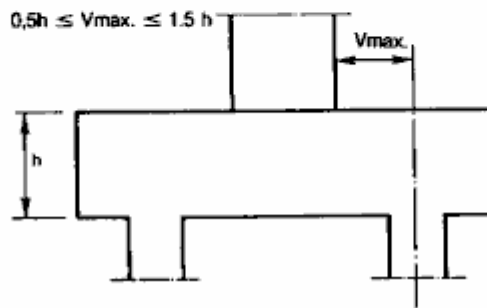


Figura 58.3.a.



### **Forma de trabajo**

La forma de trabajo de un encepado sobre pilotes, se asemeja al de una zapata aislada, de modo que, la carga recibida de la estructura se distribuye homogéneamente a los pilotes. El número mínimo de pilotes que puede haber bajo un encepado, es uno, siendo este un caso especial, ya que un error excesivo de excentricidad entre el eje del soporte y el eje del pilote, nos condiciona la disposición de la armadura, colocando barras respecto de las tres direcciones principales del espacio. En cualquier caso, el encepado es una estructura tridimensional de funcionamiento complejo y difícil de determinar.

En el caso de disponer de un encepado de dos pilotes, la forma de trabajo podemos describirla de la siguiente manera:

La carga transmitida a través del soporte llega al encepado, considerando que la intensidad de esta acción queda dividida en dos cargas de igual intensidad, cada una de ellas va hacia cada uno de los pilotes, lo que produce una reacción en cada pilote, igual a la mitad de la carga que gravita sobre el encepado. De esta

forma se generan tracciones en la cara inferior, y compresiones en la cara superior.

## **B Procesos de ejecución**

- Terminación de pilotaje y limpieza del solar.
- Limpieza de las zonas de cabeza de los pilotes.
- “Desmochado” de la cabeza del pilote, hasta recuperar la armadura para anclaje en el encepado.
- Preparación de la zona de encepado.
- Hormigón de limpieza. El pilote debe entrar en el encepado al menos 10 cm.
- Replanteo del encepado (en algunos casos se ejecutará a base de ladrillos cerámicos, quedando perdido).
- Realización del encofrado.
- Colocación de la armadura.
- Vertido del hormigón.

### **2.2.3 PILAS Y CAISSONS**

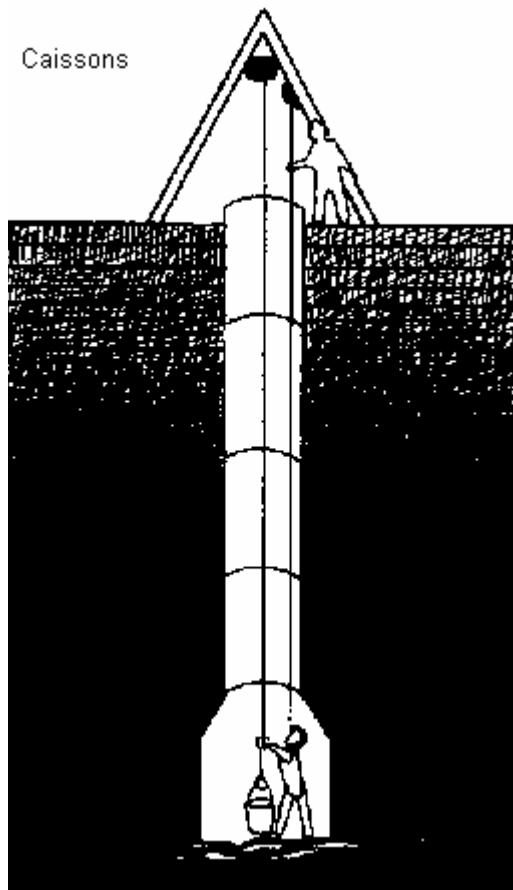
#### **A Definición**

El caisson es un elemento que se asimila a los pilotes como cimentación profunda pero que su proceso constructivo es totalmente diferente. El caisson es una solución que no requiere de equipo especializado, ya que se elabora básicamente a mano, por lo cual cobra ventaja en algunos proyectos donde el acceso de equipos se dificulta o porque la topografía del lote no lo hace practicable.

Las pilas y caissons son elementos estructurales que presentan una sección transversal considerable (comparada con los pilotes) y que se encargan de transmitir la carga de una sola columna a un estrato que sea capaz de soportarla. La relación entre la profundidad de la cimentación y el ancho de la pila es generalmente mayor que cuatro (Ver figura 40).

En nuestro medio también recibe el nombre de *pila* el apoyo intermedio de la superestructura de un puente (pilas de subestructura). En la mayoría de casos éstas se encuentran por encima del terreno hasta una altura considerada de aguas máximas en el caso de puentes sobre ríos o máxima en pasos elevados. Estas pilas no son realmente parte de la cimentación, generalmente se encuentran apoyadas en pilotes.

Figura 40. Caisson



Fuente: portal Web [www.gov.mb.ca](http://www.gov.mb.ca)

**Clases de caissons:**

- Caissons estructurales. Son aquellos que hacen parte de la cimentación de una estructura, transmiten las cargas a un estrato resistente.
- Caissons de aproximación. Son aquellos que se utilizan para llegar a una zona de trabajo de muy difícil acceso.

## **B Proceso constructivo**

En términos generales la construcción de un caisson comprende una excavación manual de forma cilíndrica, con una profundidad entre 1,0 y 1,50 m donde se recubren las paredes con un anillo de concreto fundido en sitio, que puede ser reforzado, para contener el suelo. Esta operación se repite hasta alcanzar el nivel de cimentación requerido. La forma del caisson no tiene que ser cilíndrica, puede ser rectangular, elíptica o semicircular, sin embargo la forma cilíndrica se considera como la ideal ya que el anillo para contener estable la excavación al ser ejecutado en concreto tiene la forma perfecta para la distribución de esfuerzos. En muchos casos la excavación y los anillos se ejecutan en forma de tronco de cono con el fin de facilitar el vaciado siguiente anillo. La dimensión mínima recomendable para un caisson es de 1,30 m de diámetro, dimensión por debajo de la cual es casi imposible excavar a mano.

En su parte inferior, si se requiere, puede ser acampanado con el fin de contar con una mayor área de contacto con el suelo de fundación, lo cual es una práctica normal en nuestro medio. Otras de las grandes ventajas, del caisson frente a los pilotes, es la inspección que se puede hacer del material de fundación pues en todo momento hay acceso al personal.

Para el vaciado del concreto en el caisson se utiliza un procedimiento idéntico al de los pilotes, que aunque no hay lodos de perforación, se encontrará agua en la excavación producto del nivel freático que en muchos casos estará por encima del nivel de fundación.

Para la construcción de pilas se presentan tres procesos constructivos.

El primero consiste en excavar hasta el nivel de cimentación y luego construir una pila dentro de dicha excavación. Cuando la excavación se realiza bajo el agua, el forro de la excavación se denomina ataguía. Los pasos a seguir son los siguientes:

- a) Hincado de tablestacas.
- b) Apuntalamiento interior de las caras que se encuentran en seco.
- c) Descenso del nivel de agua y apuntalamiento de la zona.
- d) Figurada del hierro y vaciado del concreto.

El segundo método consiste en hincar cajones, cajas o cilindros hasta la profundidad deseada y luego el material interior es extraído por excavación o dragado. El procedimiento es el siguiente:

- a) Construcción del cajón.
- b) El hincamiento se lleva a cabo sacando material del interior de ellos, lo que produce que el cajón comience a penetrar en el suelo gracias a su propio peso.
- c) Una vez alcanzada la profundidad final, se introduce el refuerzo y el fondo de la excavación se llena con concreto por medio de un tubo trompa de elefante.

El último método consiste en excavar las pilas con máquinas perforadoras provistas con barrenos. Estas excavan hasta lugares donde el suelo lo permita sin derrumbarse. Una vez se llega a suelos de esta clase se utilizan lodos bentoníticos para llenar la excavación y permitir continuar con la misma. Cuando se alcanza la profundidad necesaria o se llega a un estrato cohesivo, se detiene la excavación y se inserta un tubo llamado camisa (o ademe). Este tubo permite seguir excavando y evitar que el suelo se derrumbe dentro de la excavación. Por último se introduce el refuerzo y se funde el concreto recordando retirar la camisa.

## **2.3 CIMENTACIONES ESPECIALES**

### **2.3.1 MUROS DE CONTENCIÓN Y ESTRIBOS**

Hemos supuesto que era posible dar a los taludes inclinación suficiente para que estuvieran en equilibrio naturalmente, pero a veces es necesario acentuar los taludes para disminuir la importancia de los movimientos de tierra o reducir la superficie ocupada: en tales casos se utilizan muros de contención.

El empleo de muros de contención del lado del terraplén es indispensable en las *carreteras a media ladera* cuando la pendiente transversal del terreno natural es superior al ángulo de talud natural del material extraído de la excavación, ya que tales materiales no podrían mantenerse en equilibrio sobre la ladera excesivamente pendiente.

Por consiguiente, es necesario construir un muro de contención del lado en que la sección transversal es de terraplén si el terreno es de mala calidad.

Los muros de contención se construyen de albañilería, hormigón u hormigón armado. Se completan mediante *drenes de piedra seca* que sanean el terreno y evitan que las aguas de filtración se pongan en carga tras el muro aumentando el empuje sobre éste. Las aguas se eliminan mediante mecinales previstos en el muro.

La *estabilidad* de un muro de contención depende:

De sus *características generales*, especialmente de su altura; de la *forma y altura del terraplén* libre que lo corona; de la *naturaleza del terraplén* caracterizada por su peso y ángulo de talud natural; de la *sobrecarga* soportada por el terraplén.

El manual del ingeniero Tomo III<sup>†</sup> nos describe los tipos de muro tanto de revestimiento como de contención de la siguiente manera:

Los *muros de revestimiento* solo están destinados a proteger contra las influencias atmosféricas los taludes estables. No soportan, por lo tanto, ningún empuje horizontal.

Los *muros de sostenimiento* sirven para afirmar taludes inestables y tiene que soportar el empuje de la tierra y, en ocasiones, también el del agua.

Los *muelles* son muros de sostenimiento con un parámetro en contacto con la tierra y otro en contacto con el agua.

## **A Muros de revestimiento**

Las paredes de roca y los taludes estables de los desmontes (también las bases de terraplenes) de las vías de comunicación necesitan un revestimiento protector contra la degradación por las heladas, la insolación, la lluvia y el agua corriente. El revestimiento debe tener una inclinación segura contra los derrumbamientos ( $\leq$ talud natural), sin que tenga que soportar empuje alguno.

---

<sup>†</sup> ACADEMIA HÜTTE DE BERLIN. Barcelona 1965. Manual del Ingeniero Tomo III. Ed. Gustavo Gili, S.A. p.931.

## **B Muros de contención**

### **a Formas fundamentales**

1. Muros de gravedad macizos, de piedra o de hormigón.

*Ventajas:* el hormigón sin armar resulta uniformemente aprovechado; no hay tensiones de tracción; suave conducción del agua al paramento posterior; construcción sencilla.

2. Muros de gravedad compuestos, de piedra, hormigón en masa u hormigón armado.

Cimentación maciza, posible de realizar en zanja con agua achicada, sobre emparrillado, alto o bajo, de pilotes.

Losas voladizas de hormigón armado, horizontales en carga posterior del muro, hormigonadas con este o montadas como piezas prefabricadas.

*Ventajas:* efecto estabilizante según el vuelo y la altura de las losas. Disminución de la masa de obra a consecuencia del centrado de la resultante en la parte inferior del muro y apantallado de los empujes de la tierra. Solicitación uniforme del terreno de cimentación.

Losas posteriores de hormigón armado, horizontales, libremente apoyadas en un terraplén y en una banqueta del muro.

*Ventajas:* el espacio hueco bajo la losa reduce el empuje horizontal.

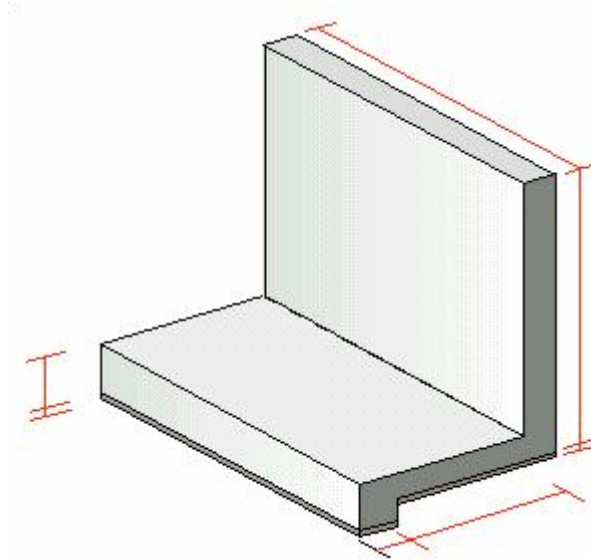
Forma angular. Perfil totalmente de hormigón armado, conveniente cuando por la poca resistencia del terreno de cimentación se requiera una base extensa (Ver figura 41).

*Ventajas:* *disminución de la masa de hormigón por el aprovechamiento de la resistencia a la tracción; favorable carga del terreno.* Inconveniente: *material caro.*

La construcción con paredes transversales o *láminas verticales* equidistantes coronadas por una losa continua, permite en muchos casos suprimir la pared exterior y sustituirla por un simple afirmado del talud del relleno posterior.

Los *cajones de hormigón armado* están indicados como obra segura de sostenimiento con grandes desniveles del terreno.

Figura 41. Muro de contención en forma angular



Fuente: Portal Web [www.losconstructores.com](http://www.losconstructores.com)

3. *Muros a base de tablestacas de acero*, hormigón armado o madera, hincadas con martinete o, formando tableros, montadas con grúa. Anclaje, con tirantes de acero, a losas verticales u horizontales, o a un emparrillado alto de pilotes.

Con talud más o menos inclinado, resultan sometidos a compresión y flexión. Pueden ser hincados o, si el subsuelo es favorable, estar formadas por tableros encajados en una zanja de cimentación.

### **C Muros de albañilería u hormigón**

Los muros de albañilería u hormigón se definen por la inclinación de sus paramentos exterior e interior.

## **D Muros de hormigón armado**

Los muros de contención de hormigón armado están constituidos por una delgada placa vertical o inclinada y una losa horizontal de repartición. Estas placas se solidarizan a intervalos regulares mediante contrafuertes verticales constituidos también por placas de hormigón armado.

Esta forma de construcción permite lograr muros delgados y ligeros. Se adapta especialmente bien a la construcción de muros de contención para terraplenes.

## **E Contención mediante losas ancladas**

En ciertos casos puede lograrse la contención de taludes mediante losas de hormigón armado de pequeño espesor anclados mediante tirantes a la masa a contener.

Cada losa tiene aberturas en las que se alojan los tirantes de anclaje cuyas cabezas se unen a las losas mediante armaduras que salen de ellas.

Estos tirantes de hormigón armado se hormigonan in situ en agujeros perforados en el talud después de que se han metido en él las armaduras.

El orden de las operaciones es el siguiente:

- Hormigonado in situ de la viga de cimentación.
- Colocación de la primera fila de losas empotradas en un alojamiento previsto en la viga de cimentación.
- Perforación en el terreno a través de los agujeros de las losas del alojamiento de los tirantes.
- Armado de los tirantes por introducción de armaduras en los agujeros perforados y hormigonado.
- Colocación de las filas siguientes de losas, etc.
- Rejuntado de las losas y terminado.

## **F Muros de orilla y muelles**

Diversos sistemas de construcción según sea la intensidad del tráfico de embarcaciones y el calado de las mismas, así como el tipo de las instalaciones portuarias. Los fundamentos constructivos de los muros de los muelles marítimos o fluviales son análogos a los de los muros de sostenimiento o contención. Puede utilizarse numerosas soluciones que se discuten generalmente en los tratados de construcción de obras marítimas.

## **G Estribos de puentes**

### ***Finalidad***

Constituir la infraestructura de la obra sustentante de los puentes metálicos y de fábrica, y a su vez de limitar y contener los terraplenes de las rampas de acceso. Son la transición del puente al terreno.

### ***Disposición***

La altura de los muros de sostenimiento es variable por serlo a su vez la del terraplén que contienen. La sección transversal puede ser maciza o compuesta, o también estar formada como un conjunto de paredes de estableros o tablestacas, de acuerdo con las circunstancias y el carácter de la obra.

1. Puentes de vigas. Los estribos de estos puentes, cuando solo tienen una o dos fajas de circulación, pueden ser sencillos muros de gravedad, con paramento anterior vertical o con ligero talud, de sillería, fábrica mixta, hormigón en masa u hormigón armado.
2. Puentes en arco robustos macizos de obra en los arranques transmiten el empuje oblicuo del puente hasta la base de la cimentación, y resisten los momentos de empotramiento que puedan presentarse.
3. Puentes colgantes. Para transmitir al terreno las enormes tracciones de los cables se necesitan robustos estribos. Los extremos de ambos cables, en forma de abanico, se enlaza a las vigas de anclaje (accesibles), empotradas en dos gruesos muros longitudinales. La losa de cimentación del estribo, y la losa de tablero que lo corona, garantizan el arriostramiento transversal de los muros longitudinales.

## **H Proyecto de muros de sostenimiento y de muelles**

El perfil del muro debe estar adaptado a las condiciones locales, tanto en la superestructura como en la cimentación.

La *primera condición* desde el punto de vista estático es la de una favorable relación entre la base de cimentación o, por lo menos, comprendida dentro del núcleo central de la misma, para la uniformidad de la carga sobre el terreno y la seguridad contra el deslizamiento.

*Segunda condición* resistencia suficiente en todas las partes de la obra, seguridad de toda ella contra el vuelco y el deslizamiento, y seguridad del terreno de cimentación contra asentos y roturas.

## **I Construcción de muros de contención**

La construcción de muros de contención para terraplenes no ofrece ninguna dificultad especial, pues es posible construirlos antes que el terraplén. Los muros de contención de los taludes de excavación son de construcción algo más delicada puesto que para construirlos es necesario evitar la ejecución de la excavación a gran escala.

### **2.3.2 POZOS DE CIMENTACION**

La cimentación en pozos excavados es un sistema antiguo de cimentación que en la actualidad, aún empleando otros materiales, todavía se utiliza en numerosas ocasiones. Así como, antiguamente, los pozos se revestían de obra de fábrica, hoy día se emplean cilíndricos huecos de hormigón armado o de acero. Los tubos de hormigón armado se introducen en el terreno hasta alcanzar las capas firmes, mediante las correspondientes perforaciones, y después se rellenan con hormigón apisonado. El consumo de acero es muy escaso, porque solo se necesita armadura en los tubos de la envolvente y la cabeza del pilar como enlace con las losas de cimiento colocadas encima. En cambio el consumo de hormigón es grande.

La ejecución de pozos con tubos de acero, que a medida que avanza el proceso de hormigonado van siendo extraídos, es exactamente igual a la construcción de pilotes barrenados de gran diámetro.

Los pozos de cimentación se plantean como solución entre las cimentaciones superficiales, (zapatas, losas, etc.) y las cimentaciones profundas. La elección de pozos de cimentación aparece como consecuencia de resolver de forma económica, la cimentación de un edificio cuando el firme se encuentra a una profundidad de 4 a 6 m<sup>†</sup>.

Las formas geométricas adoptadas, según la capacidad portante del terreno y su situación respecto a la edificación pueden ser soluciones con pozos rectangulares o circulares están condicionadas por los medios manuales de excavación, pudiendo alcanzar profundidades de 30 m. con medios mecánicos. Los pozos circulares suelen variar desde los 0.60 m (dimensión mínima para permitir el acceso de un operario) hasta los 2 m de diámetro (Ver figura 42).

Generalmente, al producirse la acción lateral de las tierras sobre el pozo, impide el pandeo de este, por lo que se calcula como un soporte corto. Según las solicitaciones, los pozos se pueden ejecutar de hormigón armado, o de hormigón en masa. De forma análoga a las zapatas, se deben disponer vigas de atado entre los pozos, para arriostramiento de los mismos, siendo criterio del proyectista como y cuando deben disponerse.

Figura 42. Pozo de cimentación para un puente.



Fuente: portal Web es.wikipedia.org.

---

<sup>†</sup> SCHMITT, HEINRICH. Barcelona 1980. Tratado de Construcción – Elementos, Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción. Ed. Gustavo Gili, S.A. p. 23.

### **2.3.3 CIMENTACIONES DE MAQUINAS**

Las fundaciones de máquinas varían entre pernos simplemente colocados en el piso, hasta fundaciones de grandes dimensiones para equipo pesado. Sin embargo, en toda fundación de máquina es necesario seguir ciertos principios generales.

- Debe tenerse en cuenta el hecho que las máquinas son más sensibles a desnivelarse que los edificios. Los factores de seguridad, en consecuencia, deben aumentarse.
- Conviene aislar las fundaciones de máquinas de las estructuras o equipo vecino, con el objetivo de evitar transmisiones de vibraciones.
- La fundación debe ser colocada para impedir vibraciones excesivas. En equipos que producen impactos (martinetes) o que poseen grandes masas giratorias de alta velocidad, es necesario efectuar cálculos especiales para evitar el peligro de resonancia o vibración excesiva (Ver figura 43).

Si el edificio es metálico o la fundación está destinada a máquinas, se dejan embebidos en el concreto pernos de anclaje, para unir el cimiento a la superestructura.

#### ***Clases de cimentaciones de máquinas***

- Tipo bloque.
- Tipo cajón.
- De muros.
- Porticadas.
- Con pilotes.
- Sobre apoyos elásticos.

Figura 43. Cimentación de máquinas.



Fuente: Portal Web es.wikipedia.org.

### **2.3.4 CIMENTACION DE TUBERIAS**

En el libro Construcción I (Obra Negra)<sup>†</sup>, su autor nombra la existencia de procedimientos o métodos para drenar un terreno:

Según la configuración del terreno hay tres procedimientos para la organización de la red de drenaje Y son:

---

<sup>†</sup> GUERRERO PARDO, LUIS ALVARO. GOMEZ TRIVIÑO, BERNARDO. Santa Fe de Bogota 1997. Construcción I (Obra Negra). Universidad Santo Tomas - USTA.

1. Drenaje longitudinal: En que los drenajes o tubos se colocan siguiendo las líneas de nivel del terreno.
2. Drenaje transversal: Los drenes se colocan perpendiculares a las líneas de nivel del terreno.
3. Drenaje escalonado: En esta forma de drenaje, la disposición de los colectores es formando ángulos de 90" entre sí.

## **A Definición**

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)<sup>†</sup> nos define los drenajes como una red de tuberías que sirven para desalojar las aguas residuales y lluvias de una vivienda y conducir las hasta el exterior para ser entregadas al alcantarillado público o al colector principal.

Las aguas que se vierten a un desagüe pueden ser de dos tipos: aguas negras o las provenientes de sanitarios, cocina, baño y lavaderos, ó aguas lluvias las que vienen de los techos, jardines y patios de la vivienda.

Las empresas prestadoras de servicios de alcantarillado exigen que estas aguas lleguen a los colectores por tuberías diferentes y de un diámetro mínimo de 4 pulgadas.

La tubería empleada es de PVC y se distinguen dos tipos por el color y grueso de las paredes; para aguas lluvias la tubería es de color anaranjado y con un calibre delgado en sus paredes (menor que la de aguas negras) y de color marfil o crema para aguas negras, que es más gruesa en el calibre de sus paredes por tener mayor trabajo en el desalojo de sólidos.

### **a *Proceso de ejecución de una red de desagües***

1. Interpretar el plano, el cual indica por donde van a quedar los desagües, las cajas de empalme y las ramificaciones que recogen las aguas provenientes de los diferentes servicios como sanitarios, baños, lavamanos, cocinas, etc.

---

<sup>†</sup> [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

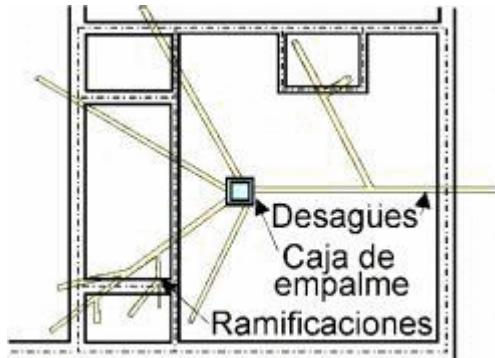
2. Seleccionar:

Materiales: Tubería PVC, accesorios, soldadura líquida PVC, limpiador.

Herramientas y equipo: Pala, pica, azadón, palustre, maceta, cincel, Flexómetro, lápiz, crayola, nivel, marco de sierra, hoja de sierra, hilo, pisón manual, carretilla, balde, zaranda

3. Replantear la red: Se colocan estacas determinando los puntos por donde van a pasar los desagües, se clava una puntilla y se extiende un hilo para que marque la línea eje de corte; luego se marca en el terreno con la ayuda de una barra (tal como se realizó en la excavación para el cimiento) (Ver figura 44).

Figura 44. Red de tuberías.



Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

4. Excavación para la tubería: Esta se realiza siguiendo las mismas indicaciones y cuidados que la realizada para las cimentaciones, siguiendo el replanteo que se realizó.

Al terminar, pasar niveles para determinar si la pendiente de desagüe es correcta.

5. Cuando realicemos la excavación tenemos que dejar una pendiente mínima de 2%.

6. Clasificar tubería y accesorios. Según indicaciones de los planos se observa que tipo de accesorio se utiliza, si es un sifón, un codo, una "ye", el diámetro de la tubería, el tipo de desagüe, la pendiente, la forma de colocar los accesorios.

7. Cortar tubería utilizando una caja guía.

8. Limpiar rebabas con lima.

9. Arme todo el conjunto tal como le va a quedar, pero sin pegarlo con la soldadura, así podrá arreglar los imperfectos que le queden, cuando tenga todo listo marque con un color rojo los ejes tanto en el tubo como en las campanas de los accesorios para que le sirvan de guía cuando los pegue con la soldadura PVC.

10. Vaya despegando los accesorios y límpiele bien las superficies que se van a conectar (tubo y campana) con un trapo limpio humedecido con limpiador removedor PVC, sin ir a limpiar las marcas que hizo con el lápiz rojo.

11. Aplicar soldadura en tubo: Primero se aplica la soldadura con una brocha en el extremo del tubo en un ancho igual al de la campana del accesorio.

12. Aplicar soldadura a campana de accesorios: Aplique abundantemente soldadura líquida PVC con una brocha en el interior de la campana del accesorio.

13. Unir tubo con accesorio: Una el tubo con el accesorio siguiendo las guías que dejó marcadas como ejes, para saber la dirección en que siguen los demás tubos, déle un cuarto de vuelta para distribuir la soldadura y manténgalo firmemente por 30 segundos.

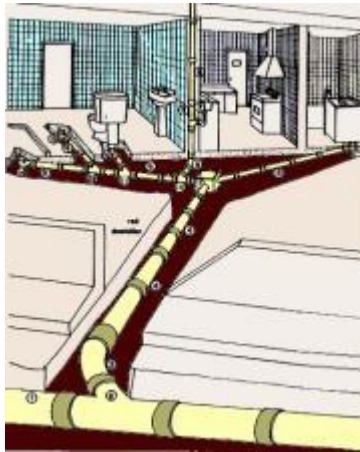
El proceso de untar soldadura y unir los tubos no debe tardar más de un minuto ya que se seca la pega. Repita estos pasos para cada accesorio.

14. Rellenar zanja: Antes de rellenar la zanja compruebe la corriente de la tubería echando agua por uno de los extremos del desagüe, si está bien, llene la zanja con tierra o arenilla que no contenga piedras y písela suavemente, sin ir a estropear la tubería, hasta alcanzar el nivel de piso.

## **b Cimentación de tuberías**

Cimentación de las tuberías. Los tubos se colocarán directamente sobre el fondo de las zanjas cuando el terreno así lo permita y en caso contrario se extenderá la tubería sobre un entresuelo de piedra y cascajo fino o como lo indique el Interventor. Cuando en el fondo de la zanja se encuentren piedras, hay que profundizar la zanja por lo menos 0.25 m más (Ver figura 45).

Figura 45. Cimentación de tuberías.



Fuente: Portal Web [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

Esta excavación adicional se rellena con una capa de arena, cascajo fino o tierra blanda apisonada. En terrenos empinados esta capa debe protegerse del arrastre por medio de traviesos de concreto o de otro material adecuado. Si se presentan estos casos, dicho mejoramiento del apoyo de la tubería se pagará por aparte. El fondo de la zanja se nivelará cuidadosamente para que el tubo quede apoyado en toda su longitud sobre el terreno. En cada unión de la tubería se excavará un nicho para permitir que la unión quede libre y poder hacer la revisión del empaque de caucho. Adicionalmente, para las tuberías tipo cilindro de acero reforzado de concreto y PVC, deberán seguirse todas las recomendaciones del fabricante para su colocación<sup>†</sup>.

---

<sup>†</sup> [www.senamed.edu.co](http://www.senamed.edu.co)

## **3 APLICACIONES DE NORMAS**

### **3.1 SEGURIDAD INDUSTRIAL**

#### **3.1.1 Conceptos de seguridad, accidentes y prevención de accidentes**

Las empresas deben preocuparse por la seguridad de sus obras por varios motivos, entre éstos:

- Responsabilidad ética de asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo sin riesgo para su integridad.
- Interés económico.
- Mandato legal.
- Imagen de la empresa.

La seguridad industrial es un proceso en el cual todo trabajo es hecho sin causar daño o lesiones, aun mentales o de cualquier otra naturaleza a las personas que ejecutan los trabajos y también sin dañar o destruir los equipos, herramientas, materiales y áreas de trabajo.

Desde el punto de vista de la seguridad industrial, accidente es un hecho imprevisto, no intencional, indeseable y normalmente evitable, que interfiere el proceso normal de trabajo, y que arroja como consecuencia al menos uno de los siguientes problemas:

- Lesiones a las personas.
- Daños a los materiales.
- Daños a los equipos.
- Daños a la propiedad.

- Interrupción del proceso productivo, con pérdida de tiempo.
- Incidencia directa o indirecta en la calidad final de los productos.

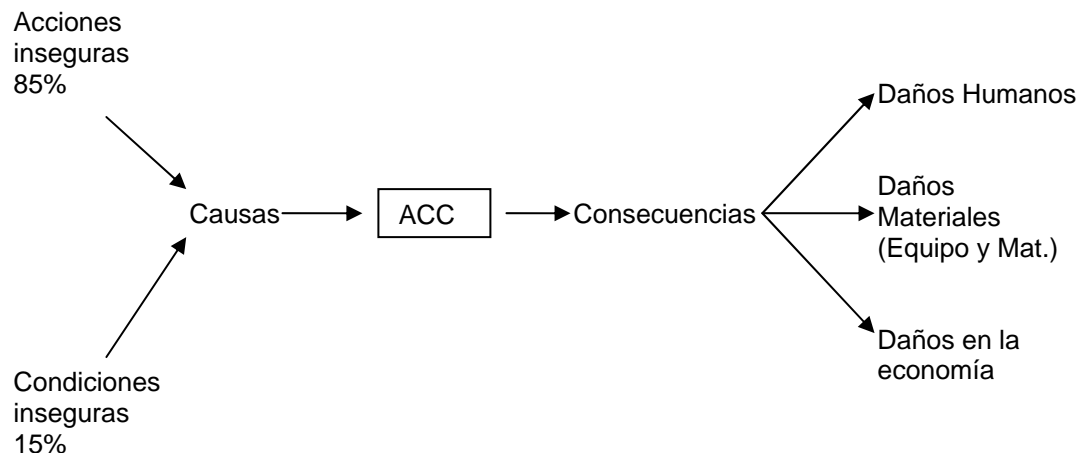
La seguridad industrial se apoya en la prevención de accidentes, cuyo objetivo es la prevención y corrección de las condiciones, actos y circunstancias que puedan contribuir a la producción de un accidente, mediante el control de la ejecución de las labores de los trabajadores, del funcionamiento y operación de los equipos y materiales y del medio ambiente del trabajo.

### 3.1.2 Causas de un accidente

Las causas son hechos o circunstancias que se presentan y que desencadenan el accidente.

Estos hechos se derivan de factores humanos, constituidos por las personas que hacen el trabajo y el modo en que lo realizan. Se consideran además, factores ambientales asociados al área de trabajo, materiales, equipos, herramientas y condiciones bajo las cuales el trabajo es realizado. Las causas de los accidentes entonces, podrán residir en cualquiera de estos factores (Ver gráfico 1). Se llamará:

Gráfico 1. Resumen de las causas de los accidentes



Fuente: Libro Procesos y Técnicas de Construcción.

***Acción insegura:*** cuando sea la participación del hombre la causal del accidente.

***Condición insegura:*** cuando un elemento existente en el ambiente de trabajo es la causal del riesgo.

### 3.1.3 Costos y repercusiones socioeconómicas

Todo accidente significa gastos, ya sean provenientes de las prestaciones impuestas por la Ley, tales como prestaciones médicas y pago de subsidios, que en conjunto forman los costos directos, o aquellos costos derivados de gastos improductivos por deterioro de materiales, productos, equipos, tiempo perdido, etc., que forman los costos indirectos de los accidentes o también llamados costos ocultos o invisibles, porque son difíciles de cuantificar. Estudios en la materia realizados por expertos, indican que los costos indirectos son cuatro veces más altos que los directos. En resumen, los costos de un accidente se presentan en la tabla 3:

Tabla 3. Costos de accidentes

<b>COSTOS DIRECTOS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Prestaciones médicas</li><li>- Pago indemnizaciones</li></ul>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Tiempo perdido por trabajador accidentado</li><li>- Tiempo perdido por otros trabajadores</li><li>- Averías de los equipos</li><li>- Disminución de productividad</li><li>- Deterioro en los materiales</li><li>- Deterioro en la obra</li></ul>

Fuente: Libro Procesos y Técnicas de Construcción.

### 3.1.4 Métodos generales de prevención de riesgos

Entre los diversos métodos generalmente utilizados en seguridad industrial, para prevenir los accidentes se tiene:

- La normalización, o sea, el establecimiento de normas oficiales o semioficiales que rigen o debieran regir en cuanto a protecciones, calidad de equipo, herramientas, métodos de trabajo, etc.

- La investigación estadística para determinar qué tipos de accidentes ocurren, en que número, a qué clase de personas, en qué operaciones, por qué causas, etc., de modo de tener una cuantificación del problema.
- La reglamentación, o sea, establecimiento de normas sobre las condiciones y formas en que se debe desarrollar un trabajo: obligaciones de los empleadores y de los trabajadores, etc.
- La inspección para asegurar el cumplimiento de la reglamentación y detectar condiciones inseguras.
- La educación y formación profesional en materia de seguridad dirigida a todos los niveles de la industria.
- La formación de conciencia de seguridad, a través de la utilización de afiches y carteles, volantes, circulares, publicaciones y charlas.
- La aplicación de medidas de ingeniería, las cuales incluyen el diseño y la construcción de elementos destinados a eliminar las condiciones inseguras.
- Capacidad de reacción en caso de un accidente, de modo que se esté preparado para evitar mayores consecuencias, tanto en las personas como en la obra y su entorno. Para esto, se debe contar con una capacidad para atender con primeros auxilios a las personas, y con mecanismos para mitigar problemas de la obra y ambientales.
- La investigación de accidentes permite determinar las causas y con ello tomar medidas para que esa situación no se repita.

### **3.1.5 Higiene industrial**

Las condiciones existentes en los lugares de trabajo o las sustancias con que trabaja el hombre, pueden destruir el equilibrio existente provocándole un daño o enfermedad profesional. El estudio de los problemas creados por la actividad del hombre dieron nacimiento a la higiene industrial, la cual se define como un conjunto de técnicas destinadas a reconocer, evaluar y controlar los riesgos de enfermedades profesionales con el objeto de conseguir que los trabajadores se vean libres a lo largo de toda su vida de trabajo, de cualquier daño a su salud que

puede ser ocasionado por las sustancias que manipulan o elaboran, por las condiciones del ambiente en que se desarrollan sus actividades, e intentando garantizar, además, un ambiente agradable y libre de incomodidades.

Los criterios de evaluación más usados se presentan en la tabla 4:

Tabla 4. Criterios de evaluación de higiene industrial

Condiciones de trabajo	Criterios de evaluación	Observaciones
Accidentes laborales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de frecuencia</li> <li>- Índice de gravedad</li> <li>- Evaluación subjetiva de los riesgos</li> </ul>	Debe estar acompañado de la indicación de número de horas trabajadas.
Ambiente sonoro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida del ambiente sonoro</li> <li>- Evaluación subjetiva del ambiente sonoro</li> </ul>	
Vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida de las vibraciones</li> <li>- Evaluación subjetiva de las vibraciones</li> </ul>	
Ambiente térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características inmediatas del ambiente térmico</li> <li>- Evaluación del confort térmico</li> <li>- Evaluación subjetiva del confort térmico</li> </ul>	
Ambiente luminoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características inmediatas del ambiente luminoso</li> <li>- Evaluación del confort visual</li> <li>- Evaluación subjetiva del confort visual</li> </ul>	
Polución atmosférica (irritantes y tóxicos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de la polución atmosférica por sus efectos biológicos</li> </ul>	
Trabajo nocturno y trabajo continuo equipos alternos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo nocturno regular</li> <li>- Trabajo continuo en equipos alternos</li> </ul>	
Trabajo nocturno y trabajo continuo equipos alternos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de la postura de trabajo</li> <li>- Evaluación del consumo en energía</li> </ul>	

Fatiga relacionada con el trabajo muscular dinámico y estático	- Evaluación subjetiva del esfuerzo físico	
Carga y fatiga mental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación subjetiva del grado de atención</li> <li>- Evaluación subjetiva del grado de reflexión</li> <li>- Evaluación subjetiva de la fatiga mental</li> </ul>	
Ritmo de trabajo y autonomía temporal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naturaleza del ritmo de trabajo</li> <li>- Pausas oficiales</li> <li>- Pausas auto decididas</li> <li>- Indices de pausas</li> <li>- Evaluación subjetiva del ritmo de trabajo</li> <li>- Evaluación subjetiva del descanso</li> </ul>	
Interés del trabajo y autonomía de decisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naturaleza y numero de puestos desempeñados</li> <li>- Naturaleza y numero de las actividades</li> <li>- Duración del ciclo operatorio</li> <li>- Afectación de las decisiones</li> <li>- Evaluación subjetiva del interés del trabajo</li> <li>- Evaluación subjetiva de autonomía de decisión</li> </ul>	En el caso de polivalencia y rotación. O del conjunto de puestos desempeñados en el caso de polivalencia y rotación. O de ciclos operatorios
Relaciones en el centro de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidades de relaciones</li> <li>- Calidad de relaciones</li> <li>- Información sobre el futuro a corto plazo</li> </ul>	A este criterio puede agregarse una matriz de intercomunicaciones de puesto a puesto
Conjunto de contrabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicadores de producción</li> <li>- Indicadores sociales</li> </ul>	Entre los criterios posibles, la productividad y el rendimiento serán los más utilizados. Se deben aplicar a estándares constantes para permitir las comparaciones en el tiempo. Entre los criterios posibles, el ausentismo será generalmente el más pertinente.

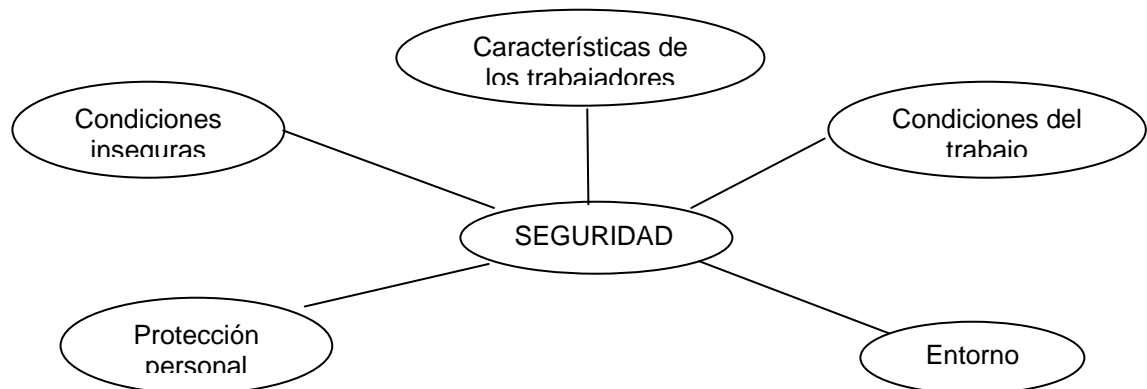
Fuente: Libro Procesos y Técnicas de Construcción.

### 3.1.6 Metodología para evaluar la seguridad en una obra

Existen cinco variables que influyen en el equilibrio de un sistema de seguridad (Ver gráfico 2).

- a) **Características de los trabajadores:** Capacitación, condiciones físicas, actitudes frente al riesgo.
- b) **Condiciones del trabajo:** Ruido, polvo, iluminación, viento y temperatura.
- c) **Entorno para realizar el trabajo:** Disposición de la administración en cuanto a seguridad.
- d) **Protección personal de los trabajadores:** Dependiendo de la labor que realizan los trabajadores, deberían utilizar una protección apropiada a la situación, cascos, zapatos de seguridad, cinturones de seguridad, guantes de seguridad y anteojos de seguridad.
- e) **Condiciones inseguras:** Debe eliminarse cualquier situación dentro de una obra que pueda eventualmente ser causa de un accidente.

Gráfico 2. La seguridad como un sistema



Fuente: Procesos y Técnicas de Construcción.

### **3.2 MANEJO Y CONTROL AMBIENTAL**

Antes de adelantar la ejecución de las obras, en cualquiera de los proyectos, el contratista debe diligenciar los formatos y anexar los documentos a continuación relacionados para su revisión por parte de la Interventoría y aprobación por parte de la Oficina Asesora de Gestión Ambiental (OAGA) del IDU (Instituto de Desarrollo Urbano).

El PIPMA (Programa de Implementación del Plan de Manejo Ambiental) es el documento que contiene en detalle el Plan de Acción que realizará el contratista para el ajuste, ejecución y cumplimiento de cada uno de los componentes contenidos en éste.

El PIPMA tiene los siguientes componentes:

Componente A - Sistema de Gestión Ambiental, Seguridad y Salud Ocupacional.

Componente B - Plan de Gestión Social.

Componente C - Manejo de la vegetación y el paisaje.

Componente D - Manejo de las actividades constructivas.

Componente E - Salud Ocupacional y Seguridad Integral.

Componente F - Plan de Señalización.

#### ***Componentes del sistema de gestión ambiental***

Contiene:

- Diligenciamiento del Formato 1 – Requerimientos Ambientales preliminares.
- Hojas de vida del personal ambiental y de seguridad industrial y salud ocupacional, exigido en los pliegos de condiciones. (Especialista ambiental, residente ambiental, residente SISO, residente social, auditor externo, etc.).
- Cronograma detallado de actividades de obra, incluyendo actividades de gestión ambiental y de salud ocupacional.

- Presentar el Plan de acción del contratista de obra para mitigar los impactos generados en las actividades de la obra, de acuerdo al formato 2.
- Política de Salud Ocupacional actualizada y firmada por el gerente.
- Reglamento de higiene y seguridad industrial actualizado y radicado ante el ministerio de la protección social.
- Organigrama y responsabilidades del programa de salud ocupacional en todos los niveles de la empresa.
- Objetivos de la Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional de acuerdo a la identificación de peligros.
- Programa de salud ocupacional vigente, firmado por el representante legal de la empresa.
- Programa de capacitaciones ambientales, de seguridad industrial y salud ocupacional.

### ***Componentes del plan de gestión social***

- Presentar el oficio con el cual fue radicado el Plan de Gestión Social ante la Oficina Asesora de Gestión Social del IDU.
- Diligenciar el formato 3 en el cual se presenta un pequeño resumen de los aspectos más relevantes del Plan de Gestión Social.

### ***Componentes del manejo de la vegetación y el paisaje***

- Presentar el diseño paisajístico del proyecto; planos y memorias, estas últimas contendrán el diagnóstico, conclusiones del diagnóstico, criterio de diseño, diseño general, diseño detallado, bases técnicas, cronograma de la siembra de especies, cuestionario de validación de la calidad ambiental del diseño paisajístico en medio escrito y magnético, de acuerdo a los requerimientos de los Lineamientos Ambientales para el Diseño de Proyectos de Infraestructura.
- Presentar el Inventario Forestal al 100% de la vegetación que se pretende afectar con la obra en el área de influencia directa de la misma, incluyendo recomendaciones silviculturales sugeridas para el manejo de la vegetación afectada durante el proceso constructivo, memorias, planillas de inventario (formato 4), fichas técnicas de registro (formato 5) y planos de localización

exacta georeferenciados con respecto a la obra, de acuerdo a los lineamientos que se encuentran en el Programa de Manejo de la Vegetación.

### ***Componentes de las actividades de construcción y adecuación***

Contiene:

- Plano georeferenciado en planta de la obra (Escala 1:500 a 1:2.000, según criterio de la OAGA).
- Plano de Localización General del Proyecto, ubicando el sitio de la obra mediante un esquema o plano (escala 1:2000 a 1:10.000, según criterio de la OAGA) en el que se detallen las calles, carreras y componentes ambientales relevantes (parques, fuentes superficiales, ríos, quebradas, canales, humedales, colegios, hospitales, reservas o cobertura verde, zonas recreativas, etc.) involucrados en el proyecto. Determinado si el proyectos esta dentro o fuera del perímetro urbano.
- Ubicación y razón social de la escombrera relacionada en el Formato 1. En caso que la escombrera pertenezca al «Directorio de proveedores de materiales de construcción y servicios de disposición final de escombros que cumplen con los requisitos ambientales y mineros establecidos en las normas vigentes» no se requerirá anexar documento alguno, en caso contrario se deberá anexar los documentos señalados en la Resolución 3353/01 emitida por el IDU, o aquella que la modifique o sustituya.
- Ubicación y razón social de las empresas encargadas del suministro de agregados pétreos, (Canteras, gravas, gravillas), concreto, asfalto, ladrillo y productos derivados de la arcilla relacionados en el formato 1. En caso que el proveedor pertenezca al «Directorio de proveedores de materiales de construcción y servicios de disposición final de escombros que cumplen con los requisitos ambientales y mineros establecidos en las normas vigentes» no se requerirá anexar documento alguno, en caso contrario se deberá anexar los documentos señalados en la Resolución 3353/01 emitida por el IDU, o aquella que la modifique o sustituya.
- Presentar un plano donde se localice el campamento con sus diferentes zonas y que incluya la señalización del mismo y los puntos de acometidas de las Empresas de Servicios Públicos. (Escala 1:500 a 1:2000, según criterio de la OAGA).
- Reportar los predios que se requieran adquirir para el desarrollo de las obras detallando el número de viviendas (área, localización, nombre del dueño del

predio, número telefónico y número de matrícula inmobiliaria) y demás infraestructura presente en el área de influencia.

- Presentar anexo fotográfico de los sitios objeto del proyecto, del sitio de campamento y del estado de las vías a utilizar para el ingreso de materiales y evacuación de escombros (área de influencia directa del proyecto.).

### ***Componentes de programa de salud ocupacional y seguridad integral***

Contiene:

- Panorama de Factores de Riesgo, por cada proceso constructivo y cargo, con su correspondiente Plan de Acción, de acuerdo a los riesgos identificados.
- Matriz de elemento de protección personal, de acuerdo a la identificación técnica de las necesidades de los mismos por cargo y actividad, y a los factores de riesgo identificados.
- Procedimientos solicitados en el primer comité ambiental.
- Análisis de amenazas y vulnerabilidad.
- Plan de Emergencias a implementar en la obra de acuerdo a los lineamientos definidos en el componente.
- Programa de inspecciones de Seguridad Integral.
- Listado de actividades críticas de la obra, los procedimientos seguros de trabajo, con el análisis correspondiente.
- Inventario de todos los productos químicos y materiales peligrosos que se utilizarán en el desarrollo de la obra, con sus respectivas hojas de seguridad.
- Relacionar el equipo y maquinaria a utilizar siguiendo el formato 6.

### ***Componentes del plan de señalización***

Contiene:

- Presentar el Plan de Manejo de Trafico, junto con un plano o un esquema detallado de las rutas de desvío y accesos temporales mientras duran las obras. Anexar el acta del comité de Transito en el cual se aprobó el Plan de Manejo de Trafico.

- Presentar planos de cada uno de los frentes de trabajo con su correspondiente señalización y demarcación (Escala 1:500 a 1:5.000, según criterio de la OAGA).
- Presentar el formato de registro de vallas fijas (formato 7) completamente diligenciado.

Notas:

Cualquier modificación surgida durante el transcurso de la obra a los compromisos aprobados en el PIPMA, requiere el trámite previa aprobación por parte de la interventoría y de la OAGA.

Para proyectos de construcción y/o rehabilitación de pontones y puentes peatonales y que se desarrollen en cuerpos de agua deben presentar como parte del PIPMA el plan de implementación a que se refiere el Componente D.

En el caso de obras cercanas al perímetro urbano, se deberá delimitar dicho perímetro en el Plano de Localización General del Proyecto.

## **FORMATO DE INSCRIPCIÓN Y REGISTRO**

Una vez revisado y aprobado el PIPMA, el IDU remitirá una copia del Formato 1 (Requerimientos ambientales Preliminares) a la Autoridad Ambiental Competente, con por lo menos 2 días hábiles de anticipación al inicio de las labores constructivas.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la búsqueda de darle continuidad a la formación integral que nos ofrece nuestra Universidad se tuvo como idea principal, en este proyecto, unificar información acerca de la cimentación y darla a conocer de manera concisa y clara para mayor entendimiento del lector, definiendo cada uno de los procesos y explicando su forma de ejecución, fomentando así una metodología descriptiva para complementar y fortalecer los conocimientos previamente adquiridos a lo largo de los diferentes cursos ofrecidos por nuestra Alma Mater en el área de Ingeniería Civil.
- El conocimiento previo del tipo de suelo a cimentar es realmente importante, así mismo como los métodos de sondeos que se deben realizar en campo y la correcta ejecución de la excavación, siendo que hacen un gran aporte a la ejecución de una buena cimentación, teniendo en cuenta que influyen en delicados comportamientos como son los asentamientos; por lo cual este texto guía se comenzó con una explicación concreta acerca de estos temas de suma importancia y gran interés en el campo constructivo.
- Como es sabido en el transcurso del proceso de ejecución de una cimentación, comenzando en el estudio de suelos hasta darle fin a esta con su construcción, se hace uso de equipos o máquinas de las cuales se dio una leve explicación como tema de apoyo a todo un sistema constructivo.
- La seguridad industrial y el manejo y control ambiental son temas de mucho interés en nuestra profesión, el prestar atención a estos perfeccionan el buen desempeño y realización de la construcción, el caso omiso de estas normativas conllevan a graves problemas dentro del desarrollo de la obra y posibles inconvenientes e inconformidades en el entorno social en que esta se encuentra, por esta razón se pretendió dar un breve conocimiento acerca de estos temas, como suplemento a el tema principal.
- Los medios didácticos como soporte a todo un argumento son un buen método que se decidió implementar en el desarrollo de este proyecto, pretendiendo así una mejor explicación y entendimiento de los temas de una manera bastante práctica y amena, que se sugiere sean utilizados en próximas ideas a desarrollar.

## BIBLIOGRAFIA

ACADEMIA HÜTTE DE BERLIN. Barcelona 1965. Manual del Ingeniero Tomo III. Ed. Gustavo Gili, S.A.

ARQHYS. Architects site. Arquitectura y construcción.  
[www.arqhys.com/cimentacion.html](http://www.arqhys.com/cimentacion.html)

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. Santa Fe de Bogota 1998. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistentes Tomo I (NSR-98). 3R Editores.

CONSTRUAPRENDE. Ingeniería civil y arquitectura.  
[www.construaprende.com/Trabajos/T3/Pilotajecim.html](http://www.construaprende.com/Trabajos/T3/Pilotajecim.html)

GALABRU, Paul. Barcelona 1964. Tratado de Procedimientos Generales de Construcción – Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra. Ed. Reverte, S.A.

GUERRERO PARDO, Luis Alvaro. GOMEZ TRIVIÑO, Bernardo. Santa Fe de Bogota 1997. Construcción I (Obra Negra). Universidad Santo Tomas - USTA.

SCHMITT, Heinrich. Barcelona 1980. Tratado de Construcción – Elementos, Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción. Ed. Gustavo Gili, S.A.

SENAANTIOQUIA. Centro nacional de la construcción.  
[www.senamed.edu.co/cursos%20virtuales/construccion/guia\\_de\\_estudio7ok.htm](http://www.senamed.edu.co/cursos%20virtuales/construccion/guia_de_estudio7ok.htm)

SOLMINIHAC TAMPIER, Hernán E. De. THENOUX ZEBALLOS, Guillermo. Universidad Católica de Chile. 2002. Procesos y Técnicas de Construcción. Ed. Alfaomega – México.

TODOARQUITECTURA. El portal de arquitectura, ingeniería, diseño y construcción.  
[www.todoarquitectura.com/v2/base\\_resultados.asp?ID=65](http://www.todoarquitectura.com/v2/base_resultados.asp?ID=65)

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Maestría en Ingeniería Civil, Area de Ingeniería y Gerencia de la Construcción.  
<http://micigc.uniandes.edu.co/construccion.htm>

WIKIPEDIA, la enciclopedia libre.  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Cimentaci%C3%B3n>

## **ANEXOS**

### **ANEXO A**

#### **CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ENCONTRADA EN EL SUELO DE CIMENTACION**

##### ***Vulnerabilidad Baja***

- El suelo de la fundación es duro (Ver figura A1). Esto se puede saber cuando alrededor de la edificación no existen hundimientos, cuando no se evidencian árboles o postes inclinados, no se siente vibración cuando pasa un vehículo pesado cerca de la vivienda o cuando en general las viviendas no presentan agrietamientos o daños generalizados, especialmente grietas en los pisos o hundimientos y desniveles en el mismo.

##### ***Vulnerabilidad Media***

- El suelo de la fundación es de mediana resistencia (Ver figura A2). Se puede presentar en general algunos hundimientos y vibraciones por el paso de vehículos pesados. Se pueden identificar algunos daños generalizados en viviendas o manifestaciones de hundimientos pequeños.

##### ***Vulnerabilidad Alta***

- El suelo de la fundación es blando o es arena suelta (Ver figura A3). Se sabe por el hundimiento en las zonas vecinas, se siente la vibración al paso de vehículos pesados y la vivienda ha presentado asentamientos considerables en el tiempo de construcción. La mayoría de las viviendas de la zona presentan agrietamientos y/o hundimientos.

Figura A1. Suelo que presenta una vulnerabilidad baja

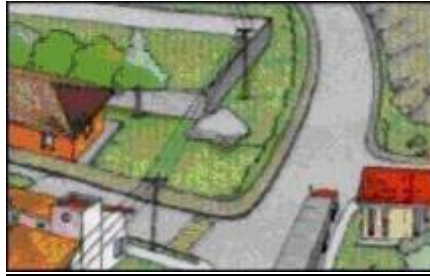


Figura A2. Suelo que presenta una vulnerabilidad media

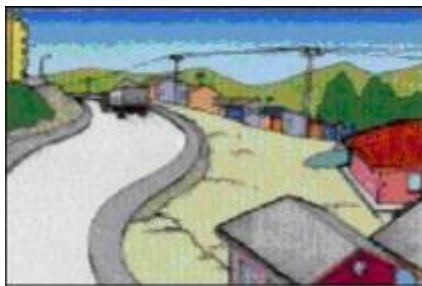


Figura A3. Suelo que presenta una vulnerabilidad alta



## ANEXO B

### CLASIFICACION DE VULNERABILIDAD ENCONTRADA EN UNA OBRA DE CIMENTACION

#### ***Vulnerabilidad Baja***

- La cimentación está conformada por vigas corridas en concreto reforzado bajo los muros estructurales (Ver figura B1).
- Las vigas de cimentación conforman anillos amarrados.
- Las vigas de cimentación en concreto reforzado cumplen los demás requisitos establecidos en el capítulo 2.

#### ***Vulnerabilidad Media***

- La cimentación no está debidamente amarrada (Ver figura B2).
- No se cumplen algunos de los requerimientos anteriores

#### ***Vulnerabilidad Alta***

- La edificación no cuenta con una cimentación adecuada de acuerdo con los requerimientos anteriores (Ver figura B3).

Figura B1. Cimentación que presenta una vulnerabilidad baja

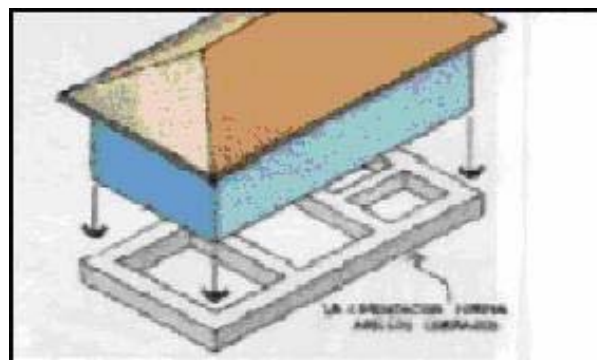


Figura B2. Cimentación que presenta una vulnerabilidad media

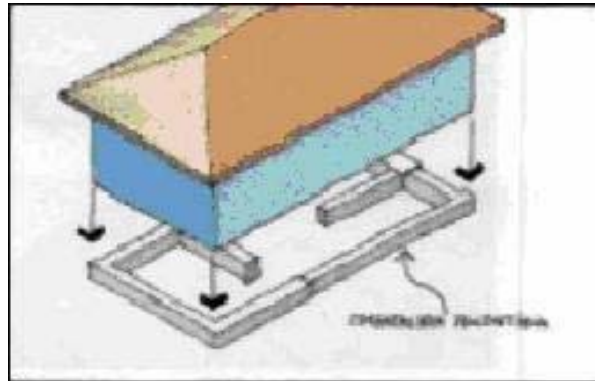
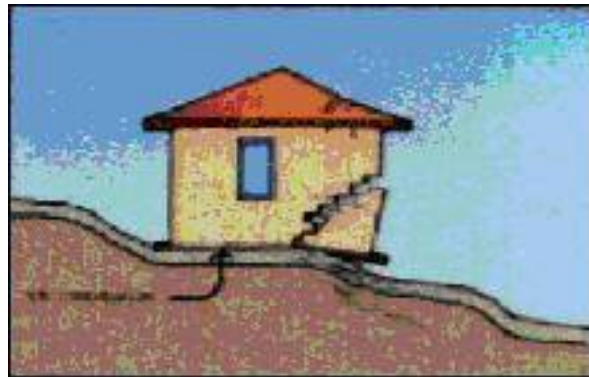


Figura B3. Cimentación que presenta una vulnerabilidad alta



## ANEXO C

### CLASIFICACION DE VULNERABILIDAD EN UNA CIMENTACION SEGUN LA CONFORMACION POR VIGAS DE AMARRE

#### ***Vulnerabilidad Baja***

- Existen vigas de amarre en concreto reforzado en todos los muros, parapetos, fachadas y culatas en mampostería.

#### ***Vulnerabilidad Media***

- No todos los muros o elementos de mampostería disponen de vigas de amarre.

#### ***Vulnerabilidad Alta***

- La vivienda no dispone de vigas de amarre en los muros o elementos de mampostería.

## ANEXO D

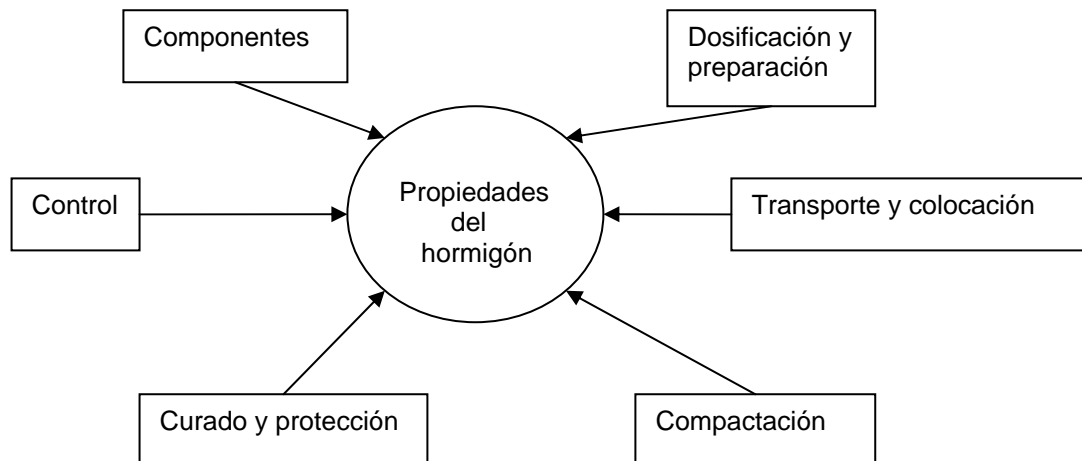
### CONSTRUCCION EN HORMIGON (CONCRETO)

#### *Etapas de una operación con hormigón*

Las principales etapas de una operación constructiva con hormigón son (Ver gráfico C1):

- Características de las materias primas para la fabricación del hormigón.
- Dosificación y preparación del hormigón.
- Transporte y colocación.
- Compactación.
- Curado y protección.
- Control.

Gráfico C1. Factores que influyen en las propiedades del hormigón



### ***Materiales componentes del hormigón***

- Cemento
- Agua
- Áridos
- Aditivos
- Adiciones

La dosificación de estos materiales debe realizarse sobre la base de sucesivos hormigones de prueba con los materiales que habrán de usarse luego en obra.

### ***Control de calidad***

El control de calidad y las pruebas son parte indispensable del proceso constructivo porque confirman que están obteniendo las propiedades. La experiencia y el buen juicio deberán apoyarse en la evaluación de las pruebas y en la estimación de su importancia con respecto al comportamiento último del concreto.

En general, las normas para el concreto y para los materiales que lo componen establecen requisitos detallados en cuanto a los límites de su aceptabilidad.

Los cementos se prueban para verificar su conformidad con los estándares establecidos a fin de evitar cualquier comportamiento anormal.

La prueba de los agregados tiene como objetivo principal: determinar la adecuación del material para su uso en el concreto.

Las pruebas para el concreto se hacen con la finalidad de evaluar el comportamiento de los materiales disponibles, establecer las proporciones de las mezclas y controlar la calidad del concreto en el campo.

Se distinguen tres fases de control. Estas son: previo al hormigonado, durante el hormigonado, y posterior al mismo. Las operaciones que se controlan en cada fase se presentan en la tabla (Ver tabla C1):

Tabla C1: Operaciones a controlar en cada fase del hormigón

<b>Fase de control de ejecución</b>	<b>Operaciones que se controlan</b>
<b>Previo al hormigonado de obra</b>	Revisión de planos de proyectos y planos. Comprobación de hormigoneras, vibradores, maquinaria transporte, etc. Replanteo. Andamiajes y cimbras. Encofrados. Transporte del hormigón. Previsión de juntas. Previsión de hormigonado en tiempo frío. Previsión de hormigonado en tiempo caluroso. Previsión de hormigonado bajo lluvia.
<b>Durante el hormigonado</b>	Colocación del hormigón. Compactación del hormigón. Juntas. Hormigonado en tiempo frío. Hormigonado en tiempo caluroso. Hormigonado bajo lluvia.
<b>Posterior al hormigonado</b>	Curado. Desencofrado y descimbramiento. Previsión de acciones mecánicas durante la ejecución. Reparación de defectos superficiales.

## ANEXO E

### HORMIGON ARMADO (REFORZADO)

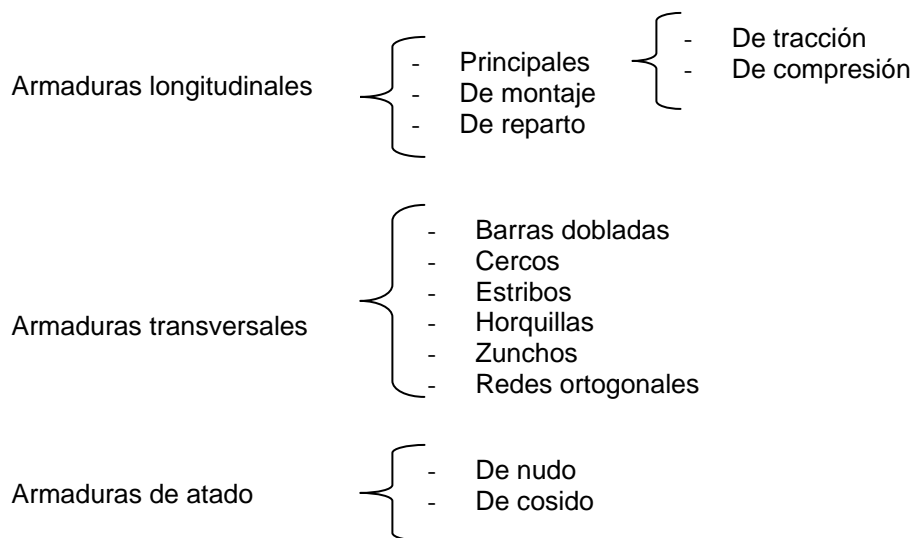
#### *Definición y consideraciones fundamentales acerca del hormigón armado*

Se define como hormigón armado al producto formado por el hormigón y las armaduras de acero. Una estructura de hormigón correctamente diseñada y construida, conforma un sólido muy resistente capaz de soportar grandes esfuerzos. Ambos materiales se complementan de modo que su trabajo conjunto les permite absorber y disipar esfuerzos mecánicos de diversos tipos de forma más efectiva que individualmente. En general, se dice que:

- El **hormigón** resiste la **compresión**
- El **acero** resiste la **tracción**

Las armaduras se pueden catalogar según su posición según gráfico D1:

Gráfico D1: Posición de armaduras



## **ANEXO F**

### **PUNTOS MAS IMPORTANTES DE SUPERVISION, DURANTE EL PROCESO DE EJECUCION DE UNA ZAPATA**

- Revisión y/o ajuste de los planos de despiece de la zapata y del elemento que nace en ella.
- Verificar que las condiciones del suelo de fundación sean las adecuadas o recomendadas por el Ingeniero de Suelos o Geotecnista.
- Localización del refuerzo y en especial el del elemento vertical que nace en la zapata (columna, muro, etc.).
- Recubrimiento mínimo de concreto; normalmente 4 cm. Lo que se logra colocando distanciadores de mortero, concreto o plásticos, y en ningún caso metálicos. La cimentación es la parte estructural que menos opción tiene de inspección una vez se concluya su construcción y al mismo tiempo es el elemento con más posibilidad de ataques por parte de agentes químicos externos que se pueden encontrar en el suelo natural como ácidos y agua de nivel freático.
- Todas las superficies con las cuales tendrá contacto el concreto fresco deben estar húmedas pero no saturadas de tal forma que no absorban ni aporten agua al concreto.
- El concreto debe ser colocado, vibrado y compactado en orden y adecuadamente evitando utilizar el vibrador como herramienta para empujar el concreto.
- El curado normalmente se realiza con agua de tal forma que se humedezca la superficie expuesta pero cuidando de no deteriorar el terreno alrededor de la zapata.
- El relleno, compactado, se ejecutara una vez la resistencia del concreto sea suficiente de tal manera que las herramientas de compactación no deterioren o desportillen el elemento.

Estos puntos clave de supervisión son básicamente los mismos de las losas o placas de fundación.

## **ANEXO G**

### **PUNTOS DE SUPERVISION MAS IMPORTANTES EN LA EJECUCION DE UN PILOTE**

- Revisión y/o ajuste de los planos de despiece del pilote.
- Verificar que las condiciones de suelo de la fundación y de diseño del elemento son las indicadas o recomendadas por el Ingeniero de suelos o Geotecnista.
- Verificar la disponibilidad inmediata de la canasta de refuerzo antes de iniciar la excavación.
- Localización del elemento, pilote o barrete, para hacer un prehuevo o la vía guía.
- Verificar que el equipo es el adecuado para lograr la profundidad deseada del elemento y de acuerdo a las características del suelo a excavar.
- La preparación del terreno debe ser la adecuada para soportar la máquina de pilotaje nivelada.
- Verificar la verticalidad del equipo de perforación y su correcta ubicación.
- El volumen de agua disponible debe ser suficiente para el elemento. Se debe tener en cuenta que puede haber pérdida de lodo durante la excavación.
- Verificar el acceso de los camiones mezcladores con el hormigón o prever la disponibilidad de una bomba para transportar el concreto.
- Verificar disponibilidad de lodo de perforación para iniciar la excavación.
- Verificar que el nivel del lodo de perforación en la excavación sea el adecuado.
- Verificar las características físicas del lodo de perforación.
- Disposición adecuada del material de excavación.
- Verificación del nivel de excavación y/o material donde se concluye.
- Verificar las canastas de refuerzo, y contar con el quipo y herramientas para colocarlo a la profundidad adecuada.

- Colocación del tubo Tremie casi al fondo de la excavación verificando que esté limpio.
- Verificar el asentamiento del concreto, para evitar que la tubería se tape y el flujo sea adecuado.
- Observar la tasa a la cual sube el nivel del concreto, pues esta puede ser muestra de una irregularidad.
- Evacuar los lodos y depositarlos adecuadamente, ya sea para tratarlos o para reutilizarlos.
- Mantener el tubo Tremie dentro del concreto y retirar las partes en el momento adecuado.
- Revisar que el volumen colocado sea siempre mayor al volumen teórico de la excavación.
- Limpieza del equipo y en especial de la tubería Tremie.
- Al día siguiente verificar que el nivel al cual se dejó el concreto se mantiene.

Normalmente los pilotes coronan en un elemento estructural llamado dado o encepado, similar a una zapata que integra varios pilotes y reparte la carga de la columna en ellos. Generalmente el nivel al cual se dejó vaciado el pilote es más alto que el requerido por el diseño con el fin de dejar una longitud adicional de concreto en la parte superior que se encontrará contaminado por que se ha mezclado con lodos de perforación; esta longitud adicional del elemento debe ser demolida y dentro de esta se encontrará el refuerzo que debe penetrar en el dado. Para la ejecución de los dados se deben tener en cuenta las recomendaciones para la ejecución de zapatas.

## **ANEXO H**

### **LOS PUNTOS MÁS IMPORTANTES DE SUPERVISAR DURANTE LA EJECUCION DE UN CAISSON**

- Revisión y/o ajuste de los planos de despiece de los anillos y los propios del caisson.
- Localización del elemento dentro del proyecto.
- Verificar que el equipo es el adecuado para alcanzar la profundidad deseada del elemento y de acuerdo a las características del suelo a excavar.
- Verificar la formaleta para los anillos.
- Verificar la verticalidad de la excavación en cada uno de los anillos.
- Verificar el acceso de los camiones mezcladores con el hormigón o prever la disponibilidad de una bomba para transportar el concreto.
- Disposición adecuada del material de excavación.
- Verificación del nivel de excavación y/o material donde se concluye.
- Verificar las canastas de refuerzo, y contar con el equipo y herramientas para colocarlo a la profundidad adecuada.
- Colocación del tubo Tremie casi al fondo de la excavación verificando que esté limpio.
- Verificar el asentamiento del concreto, para evitar que la tubería se tape y el flujo sea adecuado.
- Observar la tasa a la cual sube el nivel del concreto, pues esta puede ser muestra de una irregularidad.
- Mantener el tubo Tremie dentro del concreto y retirar las partes en el momento adecuado.
- Limpieza del equipo y en especial de la tubería Tremie.
- Al día siguiente verificar que el nivel al cual se dejó el concreto se mantiene.

## ANEXO I

### NORMA Y MANUALES VINCULADOS A LOS TEMAS TRATADOS ANTERIORMENTE

#### NSR - 98

**Titulo A** Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente.

Capitulo A.1 Introducción.

A.1.3 Procedimiento de diseño y construcción de edificaciones, de acuerdo con el reglamento

A.1.3.5 Diseño de la cimentación.

Capitulo A.2 Zonas de amenaza sísmica.

A.2.4 Efectos locales.

A.2.4.1 Tipos de perfil de suelo.

Capitulo A.3 Requisitos generales de diseño sismo-resistente

A.3.6 Efectos sísmicos en los elementos estructurales

A.3.6.4 Amarres y continuidad

A.3.7 Fuerzas sísmicas de diseño de los elementos estructurales.

A.3.7.2 Cimentación.

Capitulo A.5 Método del análisis dinámico

A.5.5 Método de análisis dinámico cronológico

A.5.5.5 Fuerzas de diseño en la cimentación

Capitulo A.7 Interacción suelo-estructura

A.7.1 General

A.7.2 Información geotécnica

Capitulo A.10 Edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento

A.10.5 Modificaciones adosadas

A.10.5.4. Efectos en la cimentación

A.10.6 Ampliación en la altura

A.10.6.6 Efectos en la cimentación

**Titulo B** Cargas.

Capitulo B.5 Empuje de tierra y presión hidrostática

**Titulo C** Concreto estructural

Capitulo C.1 Requisitos generales

C.1.1 Alcance

C.1.1.3 Pilotes caissons y losas sobre el terreno

C.1.1.4 Concreto simple

Capitulo C.3 Materiales

C.3.5 Refuerzo de acero

Capitulo C.9 Requisitos de resistencia y servicio

C.9.5 Control de las deflexiones

C.9.5.5 Construcción compuesta

Capitulo C.11 Cortante y torsión

C.11.12 Disposiciones especiales para losas y zapatas

Capitulo C.15 Fundaciones

C.15.3 Zapatas que soportan columnas o pedestales circulares o en forma de polígono regular

C.15.7 Espesor mínimo de la zapata

C.15.8 Transferencia a la zapata de las fuerzas en la base de la columna, muro o pedestal reforzado

C.15.9 Zapatas inclinadas o escalonadas

C.21.9.6 Muros y estructuras de contención

C.15.10 Zapatas combinadas y losas de fundación

C.15.11 Pilotes y caissons

C.15.12 Muros y estructuras de contención

C.15.13 Vigas de amarre de la cimentación

Capitulo C.21 Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima, moderada o especial

C.21.9 Elementos de la fundación

C.21.9.2 Vigas de amarre

C.21.9.3 Zapatas y dados de pilotes y caissons

C.21.9.4 Zapatas combinadas y losas de fundación

C.21.9.5 Pilotes y caissons

Capitulo 22 Concreto simple

C.22.7 Zapatas

**Titulo D** Mampostería estructural

Capitulo D.4 Requisitos constructivos para mampostería estructural

D.4.4 Requisitos constructivos para cimentaciones

**Titulo E** Casas de uno y dos pisos

Capitulo E.5 Cimentaciones

E.5.1 Generalidades

E.5.2 Cimientos en mallas de ciclópeo y vigas de cimentación

E.5.3 Cimientos en mallas de concreto reforzado

E.5.6 Especificaciones especiales

Capitulo E.6 Recomendaciones adicionales de construcción

E.6.2 Cimentaciones

**Titulo H** Estudios Geotécnicos.

Capitulo H.3 Investigación del subsuelo.

H.3.2 Investigación del subsuelo para estudios definitivos.

H.3.4 Ensayos de laboratorio.

Capitulo H.4 Diseño geotécnico.

H.4.1 Cimentaciones

H.4.1.4 Cimentaciones superficiales

H.4.1.5 Cimentaciones profundas

H.4.2 Estructuras de contención

H.4.3 Excavaciones.

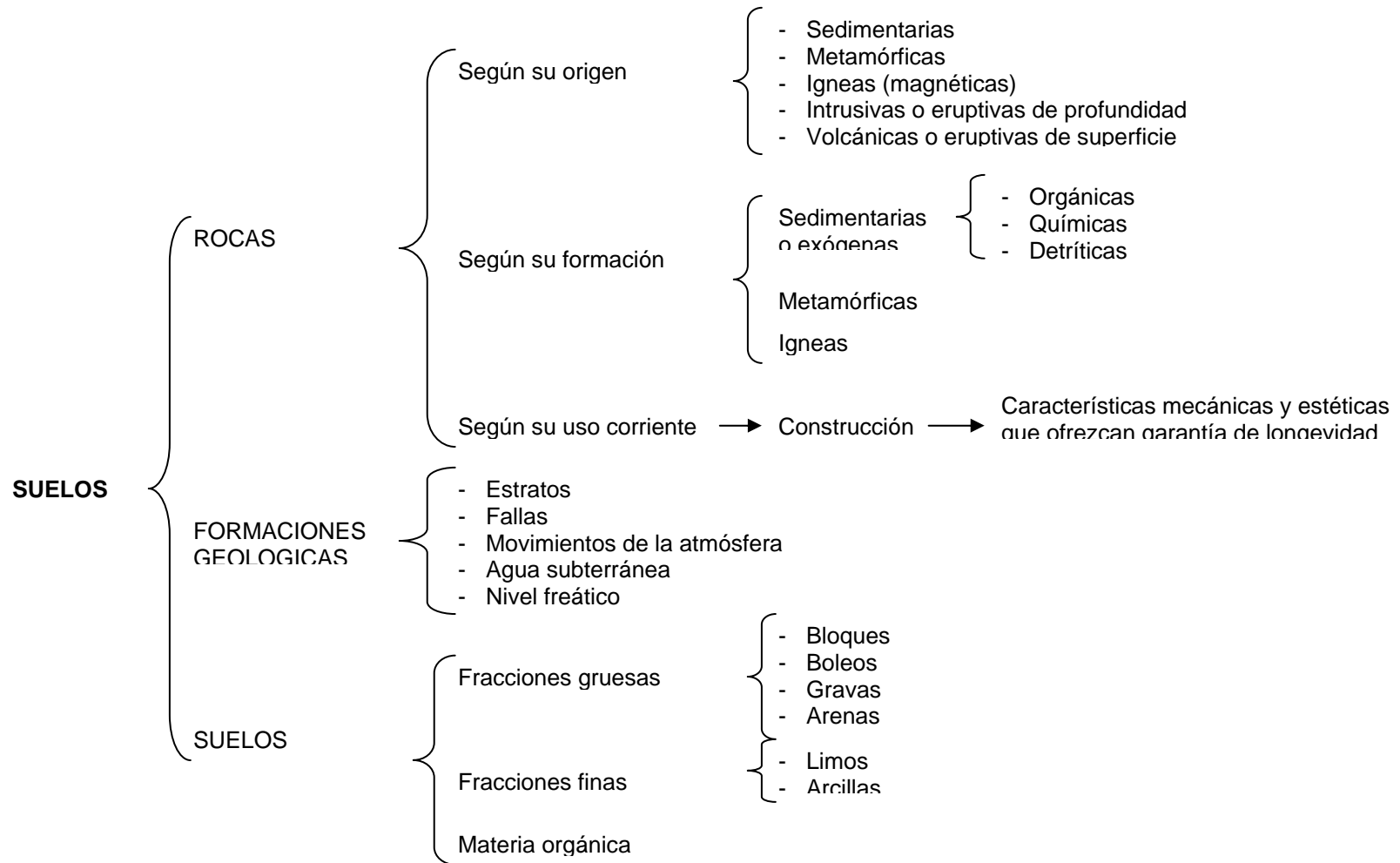
H.4.4 Estabilidad de taludes

**GECOLSA**

**Manuales** Bitelli y Caterpillar.

## ANEXO J

### RESUMEN DEL CONTENIDO DEL PRESENTE LIBRO



**EXCAVACIONES**

A CIELO ABIERTO

- Zapata
- Zanja
- Amplia
- Pozo

ABIERTA SIN  
PRESENCIA DE AGUA

Talud libre

- Vertical
- Inclinado
- Escalonado

Talud protegido

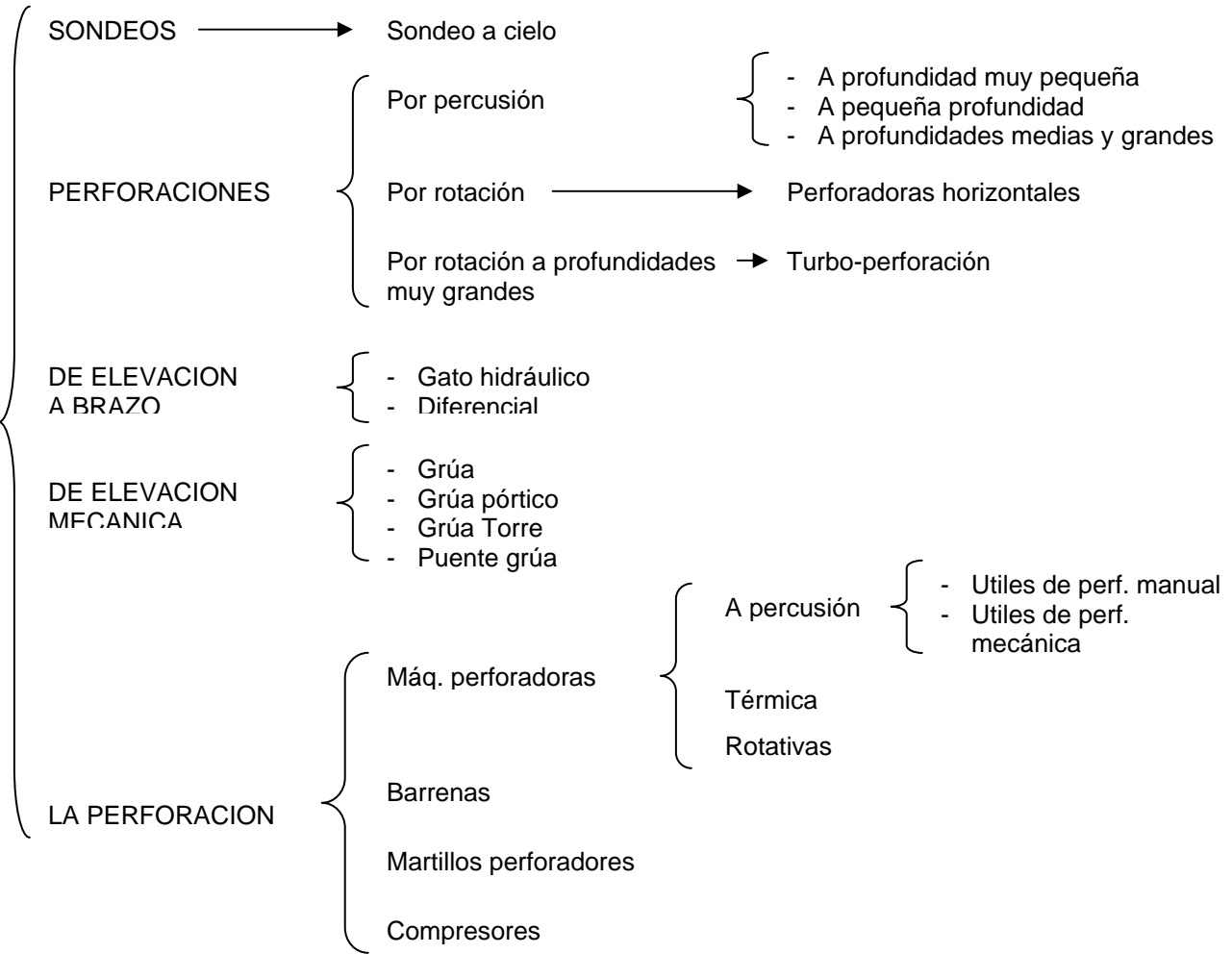
- Apuntalado
- Entibado

ABIERTA CON  
PRESENCIA DE AGUA

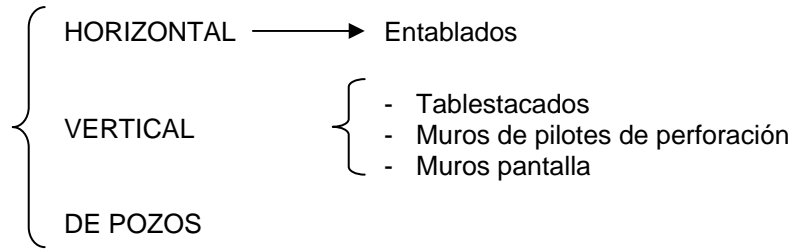
- Sistemas sin depresión previa del nivel freático
- Sistemas con depresión previa del nivel freático
- Sistemas de ataguías
- Sistemas especiales

QUE PERMANECERAN  
ABIERTAS

**EQUIPO Y MAQUINARIA  
PARA CONSTRUCCION**



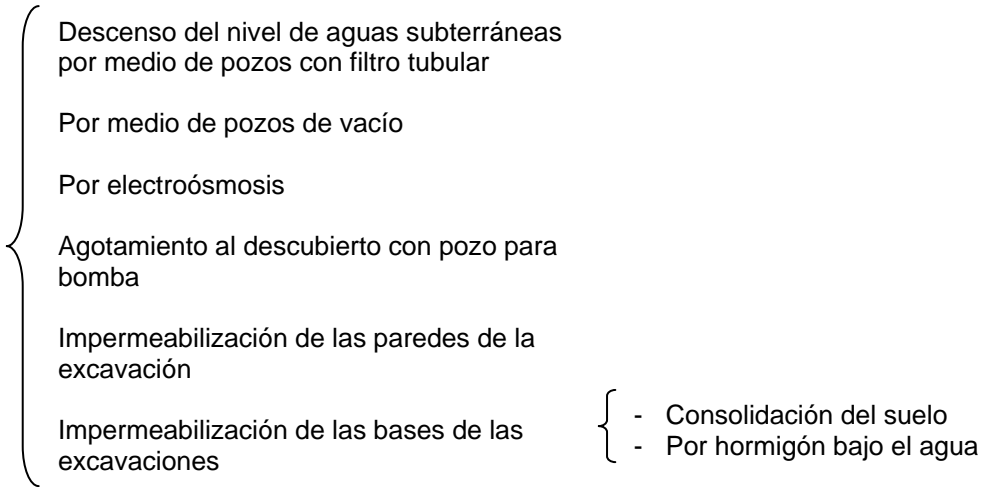
**ENTIBADOS**

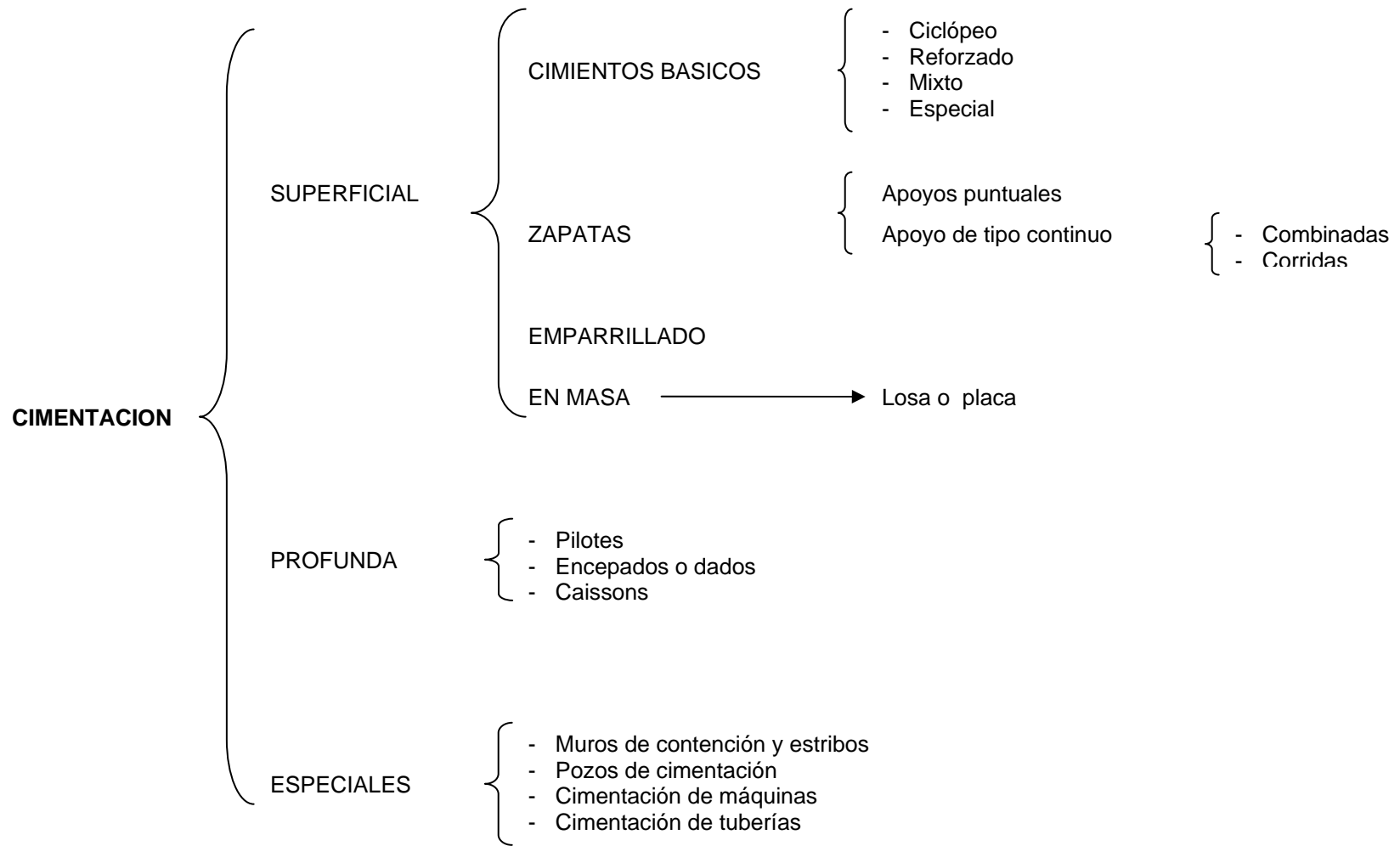


**DRENAJE Y  
EVACUACION  
DE AGUA**



**AGOTAMIENTO  
DE ZANJAS**

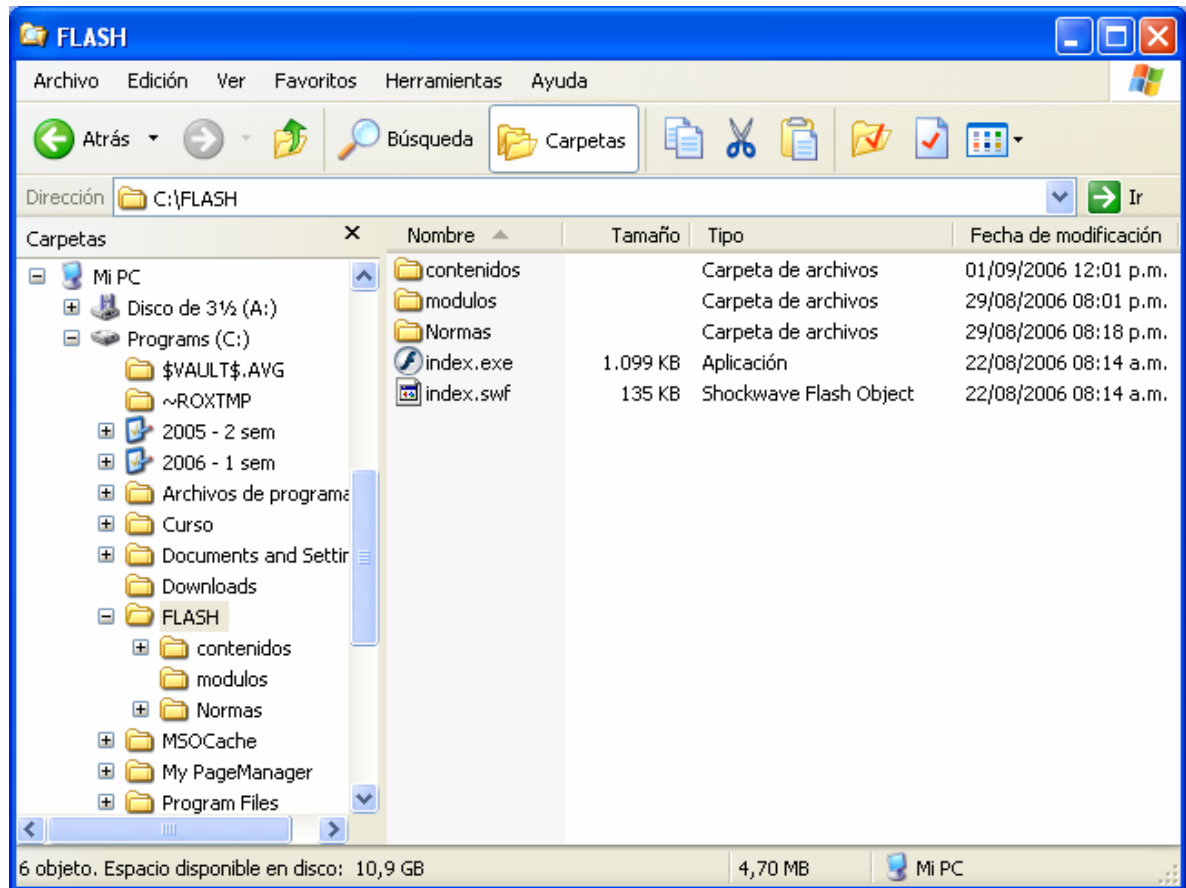




## ANEXO K

### PRESENTACIÓN VISUAL DINÁMICA EN EL SOFTWARE MACROMEDIA FLASH

La carpeta denominada FLASH contenida en el CD-2 debe ser guardada en el disco C en el orden como se muestra a continuación:



Para ver la presentación se debe dar clic en el archivo



Esta presentación podrá ser vista en cualquier equipo (computador) que permita ver páginas Web, es decir que tenga un navegador ya sea Internet Explorer, Mozilla o Firefox, y que a su vez tenga instalado el software Flash Player v.7 o superior, si no esta instalado, en el CD-2 se adjunta también este instalador.