

# CIMENTACIONES PROFUNDAS

## CAPITULO II :

### PILOTES

## 2.1.- DEFINICION DE PILOTE.

Es un elemento transmisor de carga generalmente de pequeño diámetro o sección, constituido de concreto armado, acero, madera, etc., cuya instalación se hace a base de energía dinámica (golpe o presión) y cuya capacidad de trabajo se determina con las fórmulas dinámicas o bien mediante pruebas de cargas directas.

Cuando el suelo situado al nivel en el que se desplantaría normalmente una zapata ó una losa de cimentación, es demasiado débil o compresible para proporcionar un soporte adecuado, las cargas se transmiten a material más adecuado a mayor profundidad por medio de pilotes.

## 2.2.- CLASIFICACION EN FUNCION DE LOS MATERIALES DE QUE ESTAN HECHOS.

Los pilotes se construyen en una variedad de tamaños, formas y materiales para adaptarse a muchos requerimientos especiales, incluyendo la competencia económica.

Sobre la base del material con que se fabrican se pueden clasificar como sigue: madera, concreto, acero y mixto.

**2.2.1.- Los pilotes de madera** se hacen con troncos de árbol probablemente, estos tipos de pilotes fueron los que más se usaron en todo el mundo, actualmente han caído en desuso casi totalmente por las dificultades y pocas garantías que presentaban.

Los pilotes de madera no pueden hincarse en suelos de elevada resistencia sin sufrir daño; por lo tanto rara vez se usan para cargas mayores de 30 toneladas.

Estos pilotes deben ser tratados con preservadores, para la duración efectiva, ya que pueden ser atacados por termitas, y en aguas estancadas o saladas, están sujetos al ataque de varios organismos. El tratamiento químico no puede ser muy efectivo, por lo tanto los pilotes de madera no deben usarse en agua salada.

Las maderas más propias para hacer pilotes son: la encina, el haya, el aliso, el pino, el alerce y el nogal.

**Ventaja de los pilotes de madera:**

- 1.- Son económicos en costo.
- 2.- Pueden manejarse fácilmente, con poco peligro de que se rompan.
- 3.- Pueden sacarse fácilmente en el caso de que sea necesario quitarlos.

**Desventajas de los pilotes de madera:**

- 1.- Puede ser difícil obtener pilotes lo suficientemente largos y derechos para algunas obras.
- 2.- Puede ser difícil ó imposible hincarlos en algunas formaciones duras.
- 3.- Es difícil unirlos para incrementar su longitud.
- 4.- La vida útil puede ser corta a no ser que se trate con algún preservador.

2.2.2.- Los pilotes de concreto pueden dividirse en dos categorías principales, colados en el lugar y precolados. Los colados en el lugar pueden subdividirse en pilotes con y sin ademe.

El concreto de un pilote con ademe se cuela dentro de un molde, que usualmente consiste en un forro de metal o tubo delgado que se deja en el terreno.

La omisión del ademe reduce el costo de los materiales que se utilizan en el pilote; por lo tanto, hay incentivos económicos en el desarrollo de pilotes sin ademe.

Varios de los primeros tipos se formaron hincando un tubo abierto en el terreno, limpiándolo, y llenando la perforación de concreto al ir sacando el tubo, esto pilotes frecuentemente tenían imperfecciones y aún discontinuidades, y actualmente se emplean medios más convenientes para asegurar la continuidad del concreto.

Los pilotes precolados deben reforzarse para soportar el manejo hasta que estén listos para hincarse, y deben de estar reforzados para resistir los esfuerzos causados por el hincado. Si se ha subestimado la longitud necesaria, resulta muy difícil prolongarlos. Si la longitud se ha sobrestimado, el cortario es caro.

Los pilotes precolados pueden ser también preesforzados. Con el preesforzado se trata de reducir las grietas producidas por tensión durante su manejo e hincado, y de proporcionar resistencia a los esfuerzos de flexión.

Las sales en el agua de mar y la humedad marina, atacan el refuerzo en los pilotes a través de las grietas en el concreto; al formarse el óxido, el concreto se desconcha, la mejor protección contra ello es usar un concreto que sea denso y de alta calidad. El deterioro de los pilotes de concreto preesforzado no es tan rápido, porque las grietas de tensión se reducen el mínimo.

**2.2.3.- Los tubos de acero,** se utilizan mucho, usualmente se llenan de concreto después de hincado, y los perfiles de acero en H cuando las condiciones requieren un hincado violento, longitudes inusualmente grandes, ó elevadas cargas de trabajo por pilote.

Los pilotes de perfiles de acero H penetran en el terreno más facilmente que otros tipos, en parte porque desalojan relativamente poco material. En consecuencia, se usan frecuentemente para hincados difíciles, y especialmente si el material contiene obstrucciones ó gravas gruesas, es probable que los patines se dañen y los pilotes se tuerzan o se doblen. Pueden producirse pocos defectos serios si pueden notarse los síntomas durante el hincado.

Los pilotes de acero están sujetos a la corrosión. El deterioro es usualmente insignificante, si el pilote está en una formación natural, pero puede ser intenso en algunos rellenos debido al oxígeno atrapado.

**2.2.4 Los pilotes mixtos,** se fabrican uniendo secciones superiores e inferiores de materiales diferentes, como concreto arriba del nivel de las aguas freáticas y madera sin tratar debajo. El costo y la dificultad para obtener una junta estable ha sido la causa del abandono casi total de este tipo de construcción. Por otra parte, se dispone de una gran variedad de pilotes que consisten de varias combinaciones de fierros, tubos y otros componentes.

### **2.3 JUNTAS.**

Cuando los pilotes son de longitudes superiores a 12

metros, resulta más económica su instalación usando juntas que garanticen la continuidad de los mismos; se han ideado algunos procedimientos, los cuales son los siguientes:

La junta de casquillo diseñada por el Ing. Leopoldo Farías, en la que el anclaje de la junta se lleva en la parte interna del casquillo independientemente del armado principal del pilote; ese permite que no existan momentos en las placas de unión, ya que los esfuerzos transmitidos entre tramo y tramo son colineales, debido a que el espesor de las placas, prácticamente es igual a cero; ver figura 2.3.1.

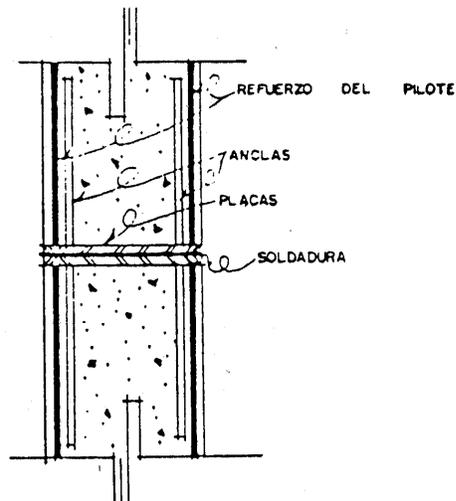


Figura 2.3.1.- JUNTA DE CASQUILLO

El procedimiento más usual de juntas, es el a base de placas soldadas, este tipo de junta siendo la más usual, resulta antieconómica debido a que el diseño arroja la necesidad de usar placas que van desde 1.3 cms hasta 5.0 cms de espesor, según la sección del pilote.

Otra junta que no tiene los inconvenientes antes mencionados, es la "junta de adherencia" (diseñada por el Ing. Roberto Avelar) y consiste en proveer a los tramos del pilote por empatar, de un dispositivo hembra y macho como se muestra en la figura 2.3.2.

En la actualidad, se tienen muchos tipos de acoplamiento entre los tramos de pilotes de concreto, todos ellos basados en la base de permitir axialidad y continuidad de los esfuerzos en el pilote. Algunos de estos acoplamientos se muestran en las figuras de la página 13 a la 17.

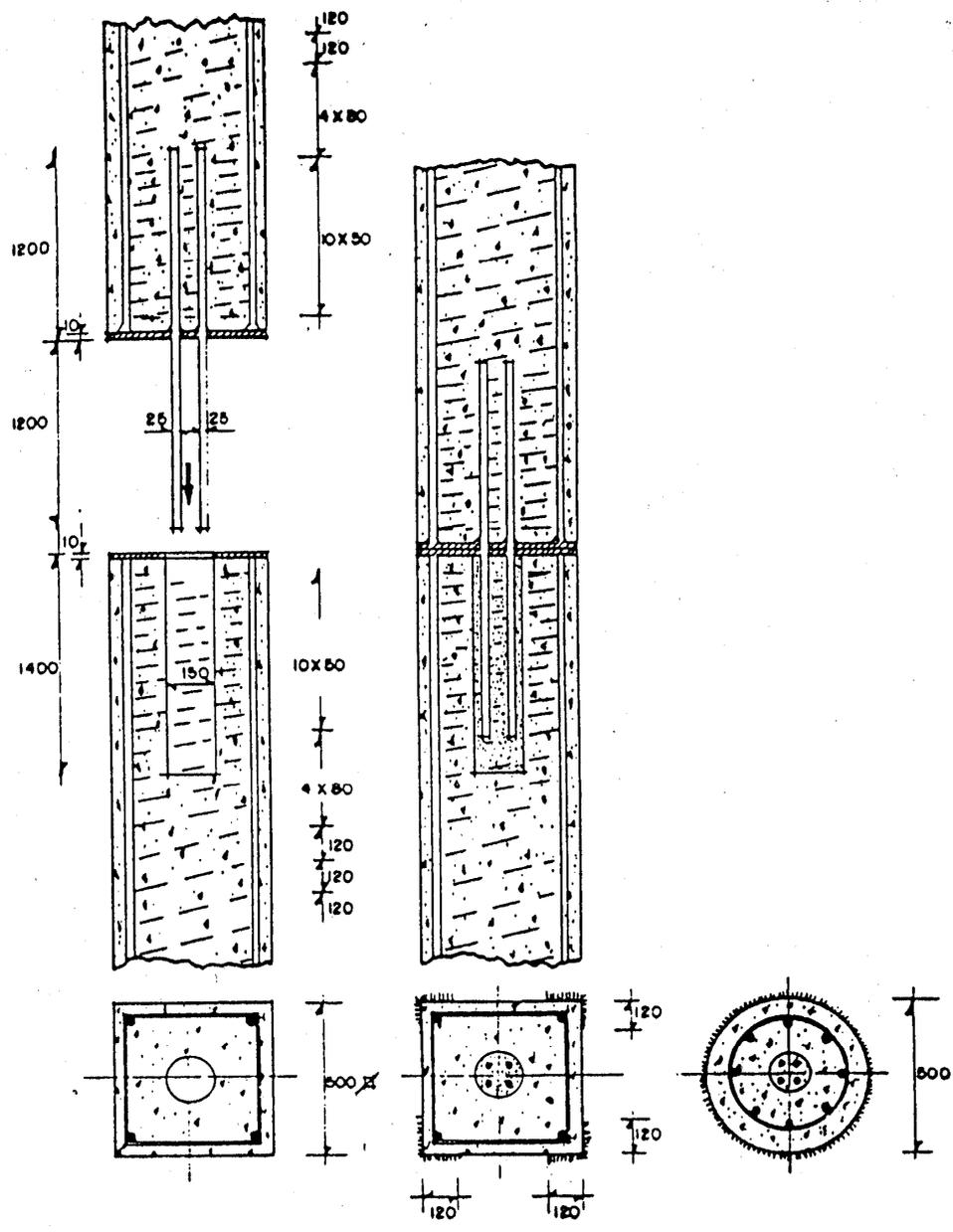


Figura 2.3.2 ACOPLAMIENTO POR SOLDADURA SISTEMA AVELAR

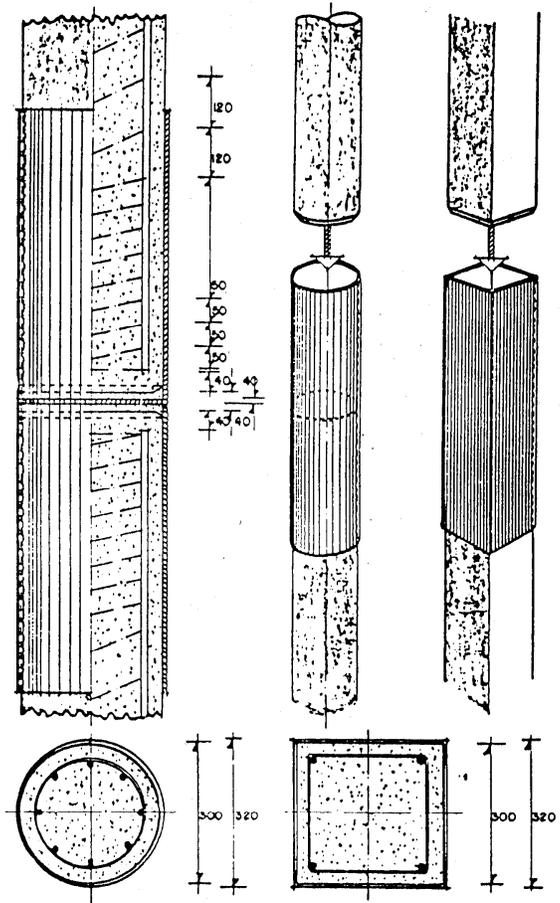


Figura 2.3.3 ACOPLAMIENTO DE ENCHUFE

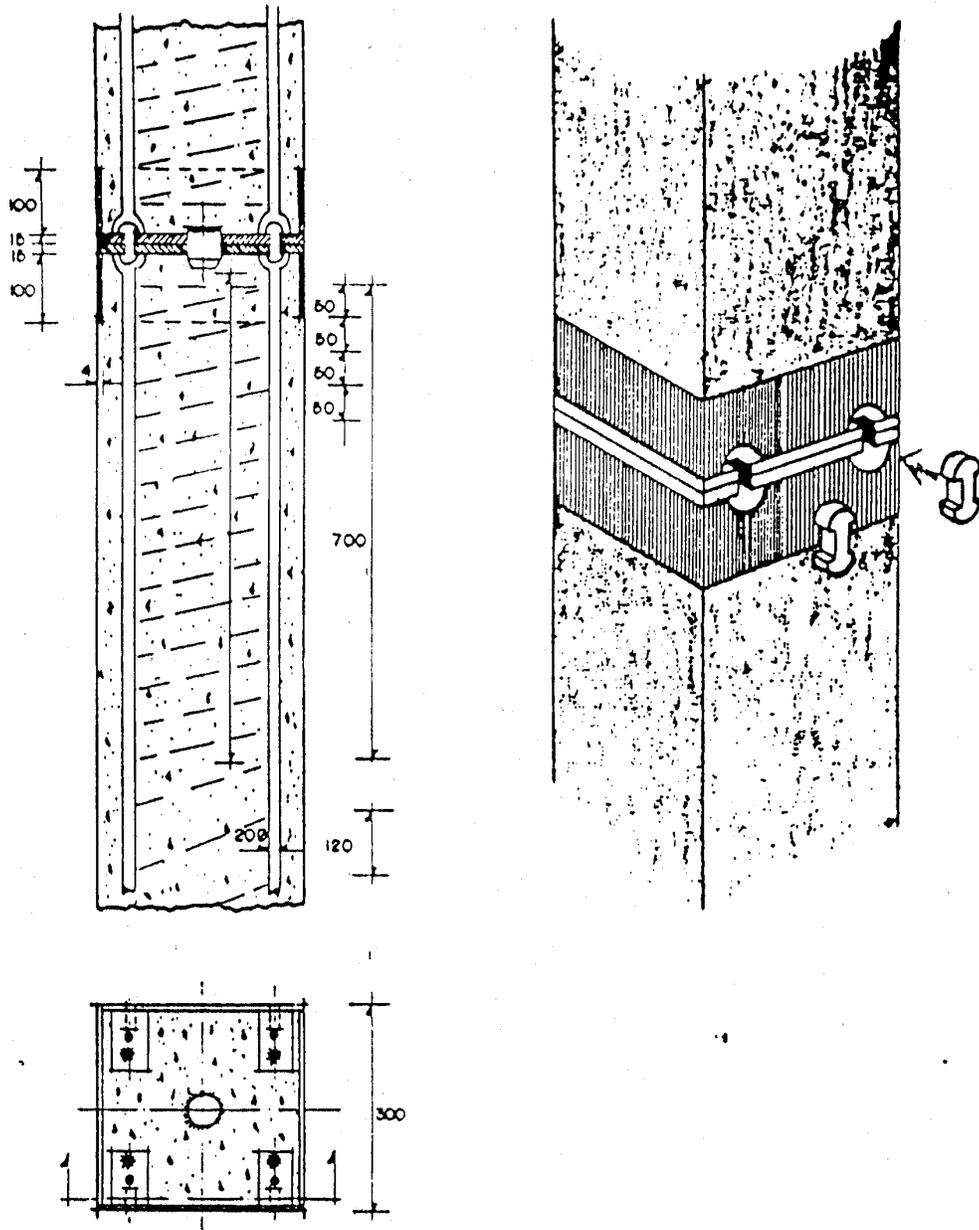


Figura 2.3.4 ACOPLAMIENTO DE GRAPAS SISTEMA A-ELEMENTI-OY

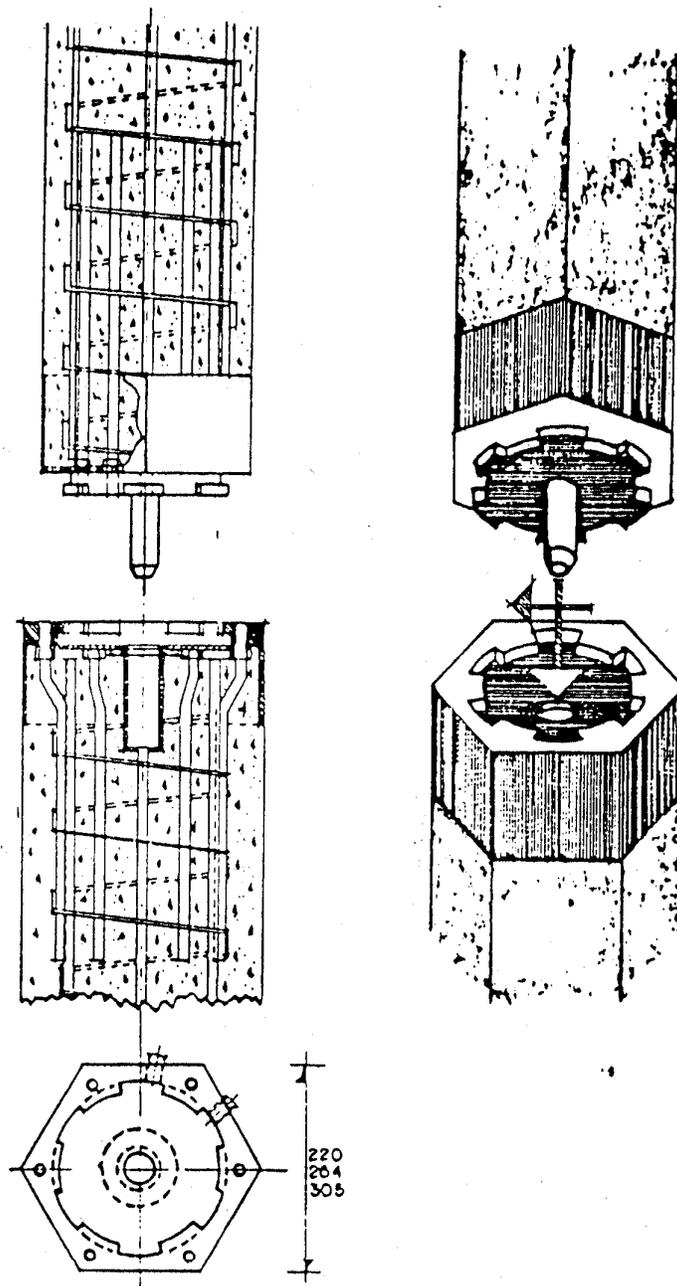


Figura 2.3.5 ACOPLAMIENTO POR BAYONETA SISTEMA HERKULES

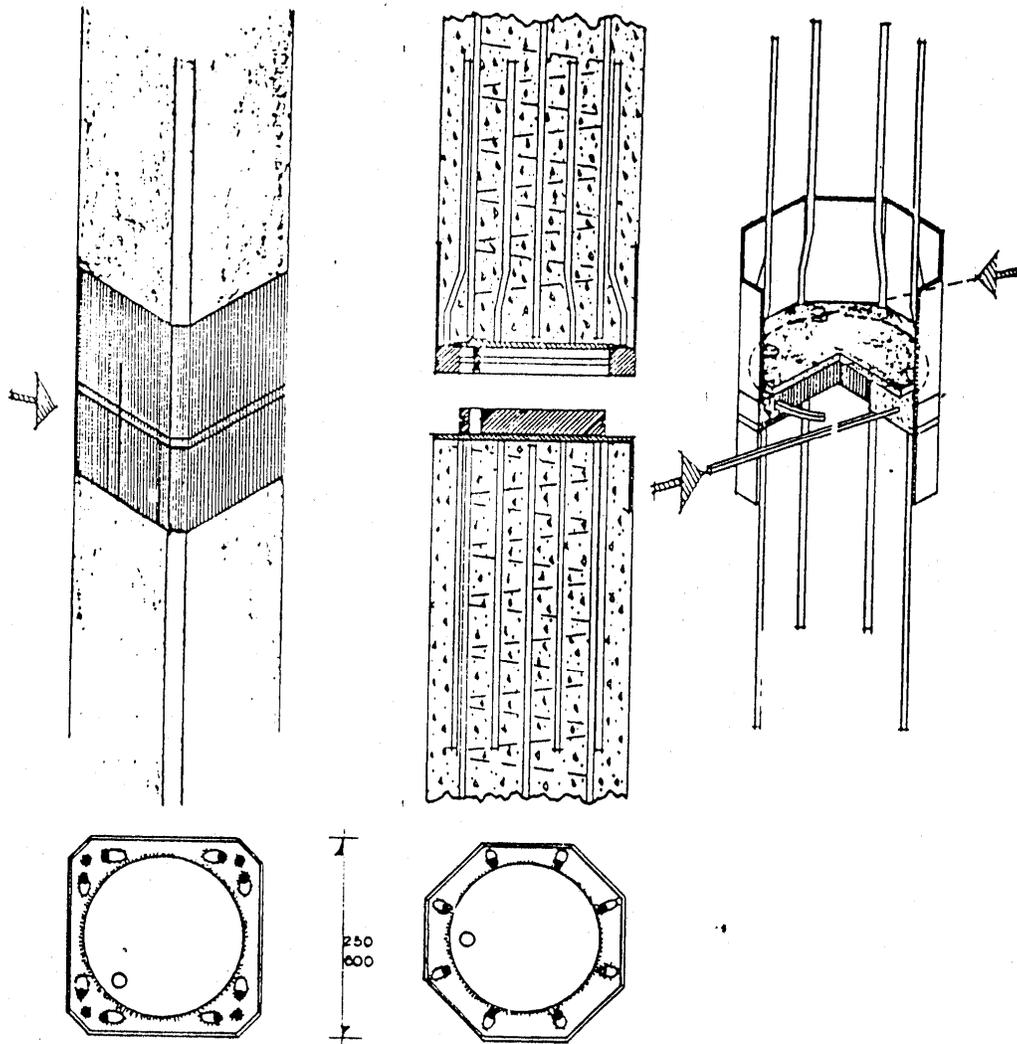


Figura 2.3.6 ACOPLAMIENTO DE ENCHUFE SISTEMA SM CONCRETE PILE SPLICE

#### 2.4.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE PILOTES DE CONCRETO.

Poco después de 1900, se idearon varios tipos de pilotes de concreto. Desde entonces han aparecido numerosas variantes, y en la actualidad se dispone de una gran variedad de pilotes entre los cuales el ingeniero puede elegir el que mejor se adapte a una obra determinada. Los pilotes de concreto pueden dividirse en dos categorías principales que son colados en el lugar y precolados, a continuación se da una explicación amplia de estas dos categorías.

2.4.1.- Los pilotes de concreto colados en sitio, se construyen depositando el concreto recientemente mezclado en el suelo, dejándolo que se cure ahí mismo. Los métodos principales para construir estos pilotes son:

- 1.- Hincar un tubo metálico, dejándolo ahí en el suelo, llenándolo de concreto.
- 2.- Hincar un tubo metálico y llenarlo de concreto a medida que se va sacando el tubo.

Los pilotes colados en sitio más ampliamente empleados son:

PILOTES DE CONCRETO RAYMOND ESTANDAR,  
PILOTES DE CONCRETO RAYMOND CONICOS ESCALONADOS,  
PILOTES MONOTUBE,  
PILOTES DE PUNTA DE BOTON,  
PILOTES DE CONCRETO DEL TIPO DE PEDESTAL,

que a continuación se describe su procedimiento constructivo.

### PILOTES DE CONCRETO RAYMOND ESTANDAR.-

Se coloca un delgado cascarón de acero corrugado con una zapata de hincado fabricada de acero, en el exterior de un mandril ó corazón expansible de acero; después se hincan en el terreno el cascarón, con el corazón dentro, hasta la profundidad de proyecto. Cuando se ha desarrollado la suficiente resistencia al hincado, se contrae el mandril y se saca del cascarón. El cascarón se inspecciona, y si se encuentra que esta en buenas condiciones, se llena de concreto. En caso de que un cascarón se dañe durante el hincado, puede sacarse para reemplazarlo por un cascarón en buen estado. La tabla siguiente proporciona los datos de estos pilotes:

Longitud del pilote, mts.	Diámetro, cms.		Volumen de concreto, metros cúbicos
	punta	cabeza	
4.60	20.30	36.00	0.30
6.00	20.30	41.00	0.50
7.60	20.30	46.00	0.70
9.00	20.30	51.00	1.00
10.70	20.30	56.00	1.30
11.30	20.30	58.00	1.50

Tabla 2.4.1 Datos de los pilotes de concreto Raymond Estándar

### PILOTES DE CONCRETO RAYMOND CONICOS ESCALONADOS

Se instala hincando un cascarón de acero corrugado en espiral, formado por secciones de 1.20 a 2.40 mts. de longitud, con un diámetro que aumenta sucesivamente 2.54 cms. por

cada sección de 24.40 mts. Una manga de acero corrugado en la parte inferior de cada sección se atornilla a la parte superior de la sección inmediata inferior. Puede obtenerse pilotes con una longitud máxima de 24.40 metros, uniendo el número adecuado de secciones en la obra. La parte inferior del cascarón, se cierra antes de hincarse mediante una placa de acero plana.

Una vez que se ha ensamblado un cascarón en una longitud deseada, se inserta un corazón rígido y escalonado de acero y se hince el cascarón a la profundidad o penetración deseada. Se saca el corazón y se llena de concreto. La figura 2.4.1 ilustra los pasos de hincado de los pilotes.

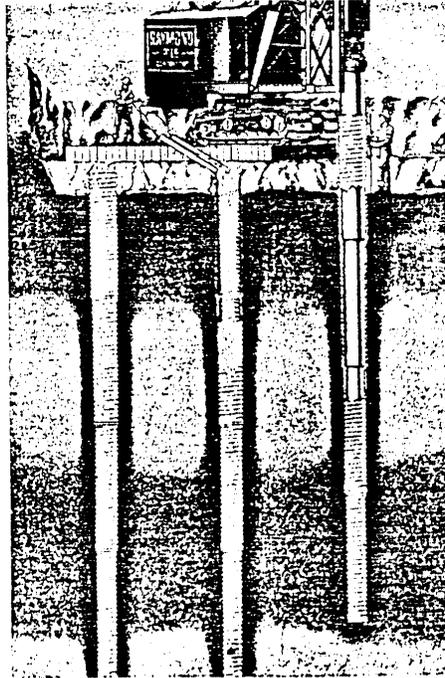


Figura 2.4.1. Proceso de hincado de PILOTES ESCALONADOS

La tabla siguiente proporciona los datos de los pilotes cónicos escalonados.

Longitud del pilote, metros	Diámetro, cms.		Volumen de concreto metros cúbicos
	punta	cabeza	
3.30	21.60	26.00	0.70
4.85	21.60	28.60	0.90
6.75	21.60	31.10	1.15
8.90	21.60	33.65	1.40
11.43	21.60	36.20	1.60
14.40	21.60	38.70	1.80
17.70	21.60	41.30	2.00
21.50	21.60	43.80	2.30

Tabla 2.4.2 Datos de los pilotes de concreto Raymond Cónicos Escalonados.

#### PILOTES MONOTUBE

Se obtiene hincando un cascarón de acero cónico, cerrado en la punta ( punta de hincado de 20.30 cms., de diámetro), a la penetración deseada. El cascarón se usa sin mandril, se inspecciona y se llena de concreto.

Puede obtenerse cualquier longitud de cascarón, soldándole extensiones a un cascarón de longitudes estándar.

La siguiente tabla proporciona las dimensiones y otros datos para un tipo de tubo.

Longitud      Inclinación. 2.54 cms., en 1.45 mts., diámetro en la punta de 20.30 cms.

	Diámetro en la cabeza cms	Peso del cascarón			Volumen de concreto por pilote. m3
		Nº.11	No.9	No.7 kg	
3.00	23.90	62.0	75.5	88.5	0.10
4.57	25.70	92.0	112.5	133.0	0.20
6.10	27.45	123.0	151.5	180.0	0.25
7.62	29.20	158.0	195.0	232.0	0.35
9.14	31.00	193.0	239.0	284.5	0.40
10.67	32.80	232.0	288.0	343.5	0.50
12.19	34.55	272.0	337.5	448.0	0.65
13.72	35.30	317.5	392.5	467.0	0.75
15.24	36.85	360.0	446.0	532.0	0.90
16.76	38.90	405.5	504.0	602.5	1.00
18.29	40.65	455.5	564.5	652.5	1.20
21.34	44.00	558.5	693.5	828.0	1.60
22.86	46.00	615.0	764.5	913.0	1.80

Tabla 2.4.3 Datos de los pilotes de concreto Monotube

#### PILOTES DE PUNTA DE BOTON

Este pilote se instala hincando un botón de concreto precolado, a la profundidad deseada. El botón es cónico en su parte inferior para facilitar su penetración a través del suelo y en la parte superior para permitir que se ajuste un tubo de acero sobre él. Arriba del botón se coloca un tubo de acero ( figura 2.4.2 ).

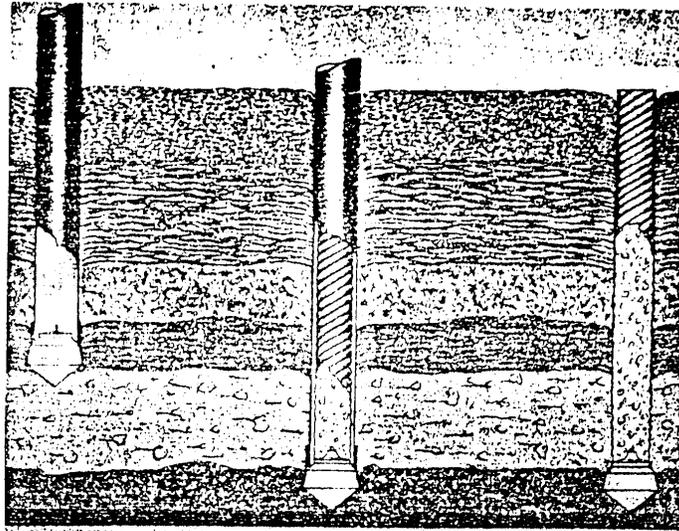


Figura 2.4.2. PILOTE PUNTA DE BOTON

Una vez que se han hincado el tubo y el botón, en donde se efectúa una conexión entre la camisa y el botón, se saca el tubo, y se llena de concreto.

Según pruebas se ha reportado que los pilotes pueden hincarse económicamente a profundidades mayores de 30.50 metros para soportar cargas de 60 toneladas o mas. La figura 2.4.2 muestra los pasos en el hincado de los pilotes de punta de botón.

#### PILOTES DE CONCRETO DEL TIPO DE PEDESTAL

Este tipo de pilote se instaló hincando un tubo de acero de pared gruesa hasta la profundidad deseada. Este tubo de acero tiene la punta cerrada proporcionalmente. La parte inferior del tubo se llena de concreto, sobre el que se coloca un núcleo ó corazón de acero, al levantar el tubo ligeramente, 65 a 95 cms.,

por lo general, la energía del martinete es transmitida al concreto por el corazón para obligar al concreto a salir para formar un pedestal. A medida que se extrae el tubo del suelo, se va agregando concreto. El peso del corazón, que se vuelve colocar en el tubo después de agregar cada proporción de concreto, es suficiente para obligar a llenar totalmente el espacio dejado por el tubo.

#### VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PILOTES COLADOS EN EL LUGAR.

Entre las ventajas de los pilotes colados en el sitio, están los siguientes:

- 1.- Los cascarones ligeros pueden manejarse e hincarse con facilidad.
- 2.- Las variaciones en longitud no presentan un problema serio. La longitud del cascarón puede aumentarse o disminuirse con facilidad.
- 3.- Los cascarones pueden embarcarse en longitudes cortas y ensamblarse en la obra.
- 4.- Se elimina el exceso de refuerzo que se pone sólo para resistir los esfuerzos de manejo.
- 5.- Se elimina el peligro de romper el pilote al estarlo incando.
- 6.- Puede proporcionarse rápidamente los pilotes adicionales que se necesiten.

Entre las desventajas de los pilotes colados en el sitio, está lo siguiente:

- 1.- Un ligero movimiento de la tierra alrededor de un pilote no encamisado y sin refuerzo, puede ocasionar su falla por tensión.

2.4.2.- Pilotes precolados, para la elaboración, primeramente se debe de colar una cama, con un espesor no menor de 10 cms., esto es, para evitar romperla durante el despegue de los pilotes. Por otra parte para facilitar la limpieza y el escurrimiento del agua, deberá dejarse una pendiente longitudinal del 2%, con un acabado fino ( de preferencia pulido ).

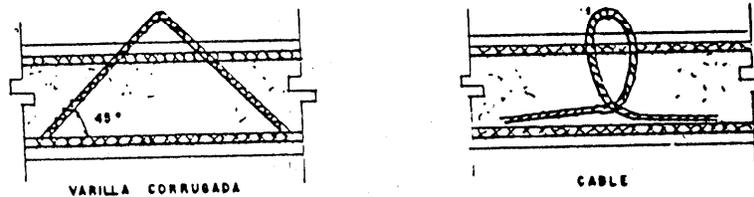
Ahora bien, los moldes deberán ser resistentes y sobre todo, que garanticen la geometría de la sección en toda su longitud.

Despues de alinear y fijar los moldes, se les coloca una capa de diesel con parafina ( 200 litros de diesel con 30 kg. de parafina ).

Los armados se construirán con apego a los planos y se introducirán en los moldes provistos de silletas para dar el recubrimiento que se especifique.

Con la excepción de las longitudes cortas, los pilotes de concreto precolado deben de estar reforzados con una cantidad suficiente de acero para evitarles daños o roturas al estarlo manejando de los patios de fabricación a los lugares de hincado.

Para el manejo de los pilotes se colocan asas, de varilla corrugada o cable y se colocan de la siguiente forma:



En la figura 2.2.4 se muestra la manera del despegue de pilotes, correcto e incorrecto.

El colado del pilote debe hacerse en forma continua, atacando, pilote por pilote. En esta forma, no se corre el riesgo de dejar varios pilotes inconclusos, al fallar el suministro del concreto, etc.

Estos pilotes despues de que hayan fraguado se marcan, esto para facilitar los trabajos de soldadura durante el empate de tramos.

Una vez que se han colado, deben curarse con arena húmeda o paja, durante el periodo que requieren las especificaciones, que con frecuencia es de 21 días.

Los pilotes de concreto deben de colarse tan cerca como sea posible del sitio en donde se van a hincar, para reducir el costo de manejo al trasladarlos de los patios de colado a la piloteadora.

Como generalmente la fabricación de los pilotes se hacen con anticipación al hincado, se hace necesario almacenarlos ( entongarlos ) en la obra en puntos claves.

La tonga de pilotes se recomienda que no sea mayor de 5 niveles, esto facilitará tanto su apilamiento como el estrobarlos para su izado ( figura 2.2.5 ).

Entre las ventajas de los pilotes de concreto precolado están lds siguientes:

- 1.- Alta resistencia a los ataques químicas y biológicos.
- 2.- Alta resistencia.
- 3.- Puede instalarse un tubo a lo largo del centro del pilote para facilitar la excavación hidráulica de la perforación.

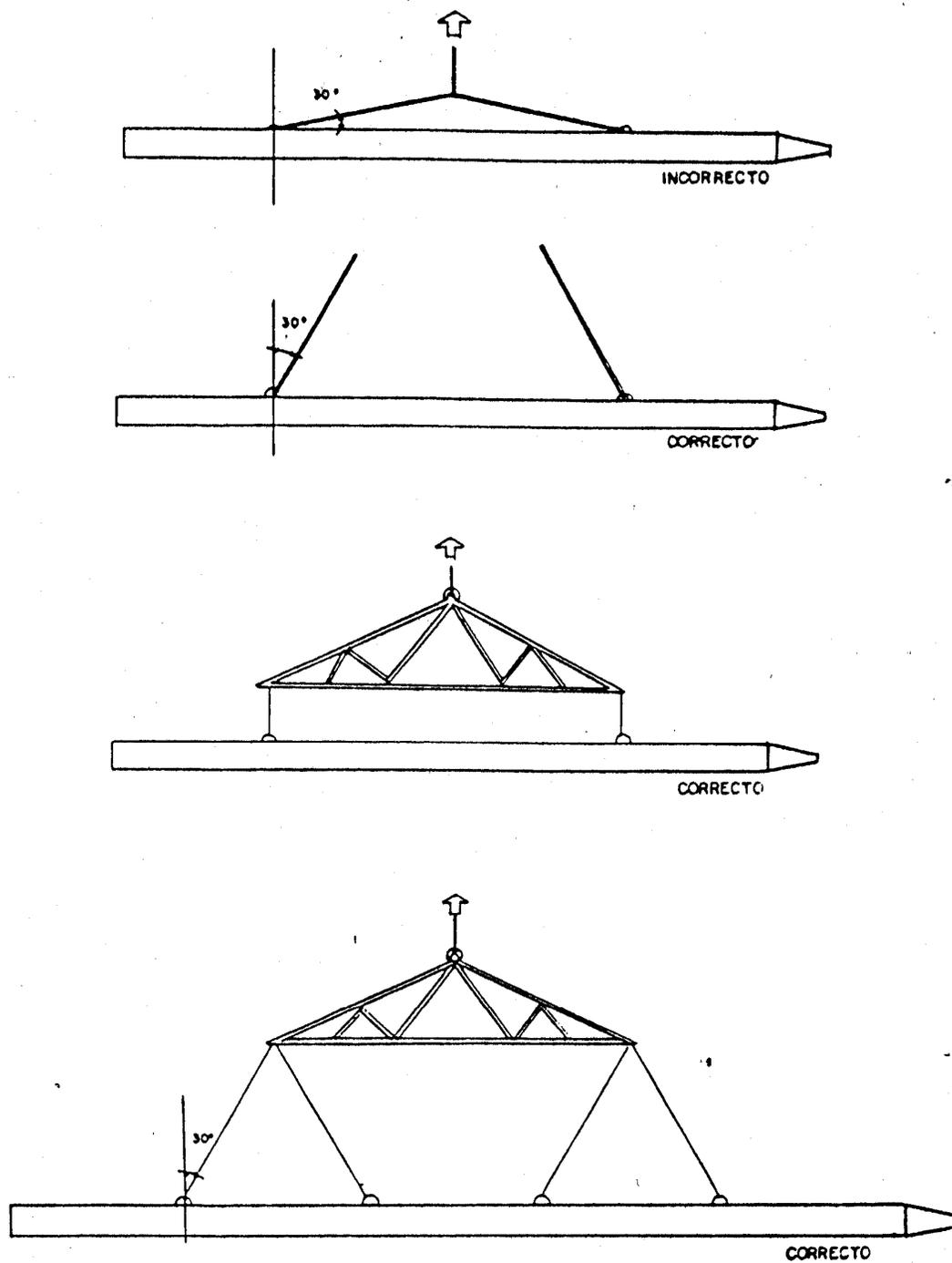


Figura 2.2.4. FORMA DE DESPEGUE DE LOS PILOTES

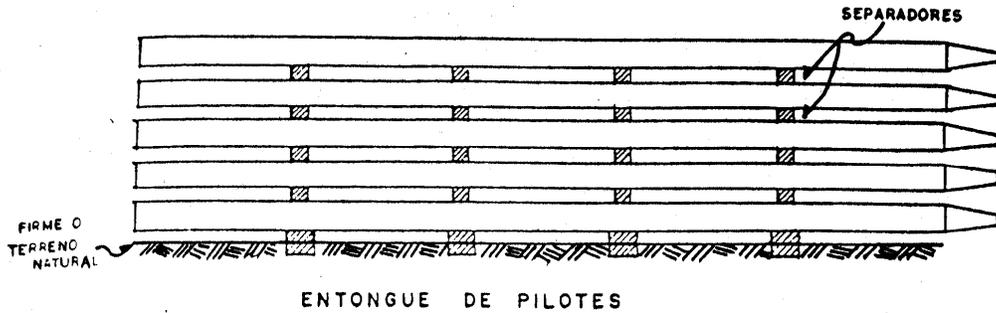


Figura 2.2.5. ENTONGUE DE PILOTES

Entre las desventajas de los pilotes del concreto precolado están las siguientes:

- 1.- Es difícil reducir y aumentar su longitud.
- 2.- Los tamaños grandes requieren para su manejo de equipos pesados y costosos.
- 3.- La escasez de pilotes puede demorar la fecha de iniciación de una obra.

#### 2.5.- EQUIPO BASICO PARA CIMENTACION Y MONTAJE.

Gran parte de la construcción de edificios y de la construcción pesada, sobre y debajo de la superficie del terreno, requiere de equipo para levantamiento o elevación.

El equipo básico para el hincado de un pilote son:

- 1.- Equipo de hincado.
  - a).- Hínca con martinete.
  - b).- Hínca por inyección.
- 2.- Guías para el hincado de pilotes.
- 3.- Equipo de elevación para el hincado de pilotes.

2.5.1.- Los equipos de hincado comunmente constan de un martinete, la función de un martinete, es la de proporcionar la energía que se requiere para hincar un pilote. Los tipos comunes, son los martinetes vibratorios y de impacto.

El martinete vibratorio por lo general, tiene suficiente peso con el mecanismo vibratorio, para forzar el pilote hacia abajo hasta la profundidad de diseño.

Los martinetes del tipo de impacto, se conocen los siguientes:

- 1.- Martinetes de caída libre.
- 2.- Martinetes de vapor de, acción simple.
- 3.- Martinetes de vapor de, doble acción.
- 4.- Martinetes diferenciales.
- 5.- Martinetes diesel.

#### MARTINETES DE CAIDA LIBRE

Es una masa pesada de metal que se levanta por medio de un cable, después se suelta y se deja caer sobre la cabeza del pilote.

Se utilizan guías para mantener al pilote en posición y para guiar el movimiento del martinete para que le pegue al pilote con un golpe sólido.

Entre las ventajas de los martinetes de caída libre están los siguientes:

- Una pequeña inversión en el equipo.
- Simplicidad en el equipo.
- Habilidad para regular la energía por golpe, haciendo variar la altura de caída.

Entre las desventajas de los martinetes de caída están los siguientes:

- Baja velocidad de hincado de los pilotes.
- Peligro de dañar los pilotes al levantar el martinete muy alto.
- Peligro de dañar los edificios adyacentes como resultado de la vibración ocasionada por el martinete.
- No puede usarse directamente para hincar pilotes, debajo del agua

#### MARTINETES DE VAPOR DE, SIMPLE ACCION.

Es un peso que cae libremente, que se levanta con aire comprimido ó vapor, y que cae libremente para pegarle a la cabeza de un pilote. La energía suministrada por este tipo de martinete se transmite por medio de una masa pesada que golpea con una baja velocidad, debido a la caída relativamente corta.

Entre las ventajas de los martinetes de vapor de simple acción, en comparación con los martinetes de caída, están los siguientes:

- El mayor número de golpes por minuto permite un hincado más rápido.
- El ariete más pesado, que cae a una velocidad mas baja transmite una mayor porción de la energía al hincado de los pilotes.
- La reducción en la velocidad del ariete reduce el peligro de dañar los pilotes durante el hincado.

Entre las desventajas de los martinets de vapor de acción simple, en comparación con los martinets de caída, están las siguientes:

- Requieren de mayor inversión en equipos tales como caldera o un compresor de aire.
- Son complicados, Requieren mayor costo de mantenimiento.
- Requieren mayor tiempo para su colocación y para quitarlos.
- Requieren de una cuadrilla mayor para operarlos.

#### MARTINETES DE VAPOR, DOBLE ACCION

En este martinete se aplica la presión del vapor a la parte inferior del pistón para levantar el ariete, después, durante la carrera hacia abajo, se aplica la presión del vapor a la parte superior del pistón para incrementar la energía por golpe.

Entre las ventajas de los martinets de doble acción, en comparación con los de simple acción están los siguientes:

- El mayor número de golpes por minuto reduce el tiempo necesario para hincar los pilotes.
- Pueden hincarse los pilotes más fácilmente sin guías.

La desventaja del martinete de doble acción, en comparación con el de simple acción es el siguiente:

- El martinete es más complicado.

#### MARTINETE DE ACCION DIFERENCIAL.

Es un martinete de doble acción, con una modificación que permite utilizar la presión del vapor para levantar el ariete y acelerarlo en su carrera descendente.

Este tipo de martinete. Se dice que tiene las ventajas de los de doble acción y de los martinetes de simple acción. En la figura 2.2.4 se muestra este tipo de martinetes.

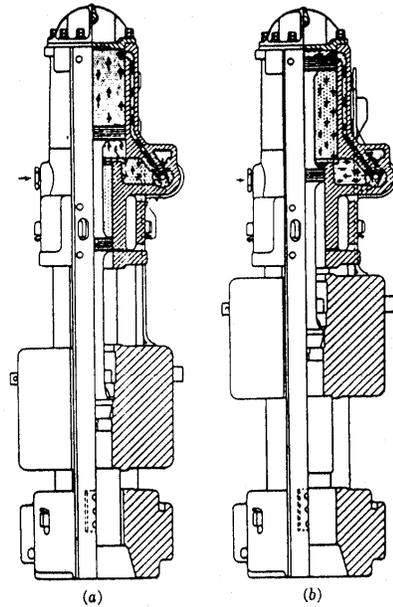


Figura 2.2.4. Sección de un MARTINETE DE ACCION DIFERENCIAL:  
(a) pistón en posición inferior; (b) pistón en posición superior.

#### MARTINETES DIESEL.

Este tipo de martinete no requiere una caldera de vapor o un compresor de aire.

A medida que el ariete se acerca al final de su carrera descendente, se engancha a una bomba de combustible, la continuación de la carrera descendente del pesado ariete comprime

el aire y el combustible a la temperatura de ignición. La explosión resultante empuja al pilote hacia abajo y el ariete hacia arriba.

**Hinca por inyección:** el agua, que se descarga a través de un chiflón conectado en el extremo inferior de un tubo, mantiene un estado de agitación constante a la tierra que rodea al pilote, reduciendo así la resistencia debido a la fricción superficial.

La mayoría de las especificaciones exigen que los últimos 91 centímetros de los pilotes se hincen sin la ayuda del chorro de agua, esto debido principalmente porque es imposible determinar la capacidad de carga de un pilote hincado de esta manera.

**2.5.2.- Guías para el hincado de pilotes.-** En algunas operaciones de hincado de pilotes se usa un bastidor de guía denominado simplemente como guía. Esta guía puede ser útil al hincar pilotes verticales con cualquier tipo de martinete. El uso de la guía es esencial para el hincado de pilotes de golpeo. Las guías pueden ser simplemente dos maderas pesadas que formen un carril para el martinete. Los maderos deben mantenerse a una separación dada, mediante una cruceta situada en la parte superior.

Otras guías se fabrican de viguetas metálicas o de ángulos y de otras formas laminadas para formar un bastidor abierto con carriles. Estas son guías oscilantes o suspendidas. Las guías suspendidas se colocan a manera de que un punto de la pluma de la grúa puede formar parte del soporte de la cruceta superior entre los carriles de guía. Esto significa que las guías queden

soportadas directamente desde abajo del extremo de la pluma. El otro tipo común es el de guías oscilantes; como su nombre lo sugiere, estas guías oscilan libremente y requieren de un cable de elevación que parte desde la grúa para soportarlas. Con este arreglo pueden bajarse las guías a medida que se encaja el pilote y es seguido por el martinete.

**2.5.3.- Equipo de elevación para hincado de pilotes.** El equipo de elevación para una operación de hincado de pilotes debe poder manejar las cargas y los alcances extremos que se necesiten. La verificación del alcance debe comprender tanto las distancias horizontales como las verticales. Una combinación de éstos puede regir el equipo a usar. La altura vertical máxima deberá incluir la longitud máxima de pilote que sobresalga (antes de iniciar el hincado) arriba del terreno o de la superficie de soporte del equipo de elevación. La altura total significa que debe agregarse la altura del martinete a la altura máxima de los pilotes. Teniendo guías suspendidas, oscilantes o de ninguna clase. La punta superior de la pluma debe quedar arriba de esa altura total. Si las guías colgantes se soportan mediante un conector de pluma deslizante, de manera que pueden extenderse arriba de la punta de la pluma, no interesa demasiado la longitud de la pluma de elevación.

El alcance horizontal del hincador de pilotes es importante en la verificación de la capacidad de carga. Debe recordarse que una grúa pierde rápidamente capacidad de elevación, a medida que aumenta, el radio de la carga. Se aplica la misma relación carga-radio a las grúas de mástil y demás

equipos similares de elevación del tipo de pluma. Por tal razón, hay una ventaja en el uso de una grúa móvil que puede desplazarse y acercarse a los lugares en que han de hincarse muchos pilotes en un área pequeña, el uso de una grúa móvil puede ser muy costoso y poco necesario.

**2.5.4.- Selección y costos del equipo para cimentación y montaje de pilotes.** En la selección de equipo para hincado de pilotes han de tomarse en consideración los pilotes a hincar, las condiciones del lugar de trabajo, su disponibilidad y los costos del equipo con que ha de realizarse la operación.

Más específicamente, puede formarse una lista de los pasos que se siguen en el procedimiento:

- 1.- Determinar el tipo (material y forma), tamaño, peso y longitud de los pilotes que han de hincarse.
- 2.- Identificar las condiciones especiales del trabajo que influyen en el hincado de los pilotes, por ejemplo: Si se ha de hincar bajo el agua, si hay limitación de espacio arriba de los puntos de hincado, etc.
- 3.- Determinar las alternativas de martinetes que podrían hincar los pilotes a la capacidad de carga de diseño y a la profundidad que indique la especificación. Si se tiene una especificación de penetración en el suelo, determinar qué equipo de chorro de aire o de agua podría utilizarse para reducir el hincado.
- 4.- Seleccionar el martinete de hincado más factible, económico y disponible para la operación, según lo que se haya determinado e identificado antes y, si se requiere, seleccionar el

generador de potencia externa ( aire, vapor de agua o hidráulico ) y sus líneas de distribución hasta el martinete.

- 5.- Si se requieren guías, diseñar o seleccionar el tipo, separación y tamaño de los rieles para el martinete, así como la longitud requerida para el martinete y los pilotes que han de hincarse.
- 6.- Seleccionar el equipo de elevación que pueda manejar adecuada y económicamente el pilote más grande, el martinete y los accesorios requeridos por la operación antes determinada.
- 7.- Verificar las cargas extremas del equipo de elevación para asegurarse de que éste puede manejar la operación en condiciones de seguridad.

Un método que ayuda a lograr que se haga el pilotaje en el mínimo tiempo posible, consiste en utilizar el martinete más grande que sea posible, sin dañar los pilotes. ●

#### **2.6.- EQUIPO DE BOMBEO.**

Las bombas se utilizan ampliamente en las obras de construcción para operaciones tales como las que se citan a continuación:

- 1.- Para sacar el agua de pozos, túneles, etc.
- 2.- Para desaguar encofrados.
- 3.- Para proporcionar chorros de agua para hincar pilotes.
- 4.- Para proporcionar agua para muchos tipos de servicios.
- 5.- Para bajar el nivel de aguas freáticas en excavaciones.
- 6.- Para lechado de cimentaciones.

El más importante de los puntos antes mencionados es el de bajar el nivel freático, porque el suelo debe desaguar cuando el nivel de aguas freáticas está muy elevado, esto para que permita la construcción de la cimentación en seco.

La clasificación de las bombas más comúnmente utilizadas en las obras de construcción, puede clasificarse como:

- 1.- De desplazamiento.
- 2.- Centrifugas.

Para seleccionar una bomba debe tener las siguientes cualidades: calidad, disponibilidad de refacciones, simplicidad para permitir reparaciones fáciles e instalación y operación económica.