

300615

22
2y.



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U.N.A.M.

**FABRICACION E HINCADO DE
PILOTES PRECOLADOS.**

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a

JOSE ALBERTO VALLE CERVANTES

México, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	INTRODUCCION -----	1
I	GENERALIDADES -----	3
II	PILOTES EN GENERAL -----	6
III	FABRICACION DE PILOTES PRECOLADOS -----	20
IV	HINCADO DE PILOTES PRECOLADOS -----	35
V	PRUEBA DE CARGA -----	71
	CONCLUSIONES -----	79
	BIBLIOGRAFIA -----	81

INTRODUCCION

A. OBJETIVO

Nuestro país México, con una superficie de 1'972,546.00 km y una población de 80'000,000.00 de habitantes aproximadamente necesita cada vez mas del trabajo, cooperación y esfuerzo de todos los mexicanos, México necesita crear con urgencia una infraestructura (vivienda, hoteles, puertos, plantas industriales etc.) la cual nos produzca un bienestar tanto individual como colectivo y que se transforme en un legado para nuestros hijos y generaciones futuras.

Para lograr esto, es necesario e indispensable que nos preparemos para ello, tanto en el aspecto de proyecto, como de ejecución lo cual lograremos mediante el conocimiento de las diferentes técnicas que se necesitan para la elaboración de los mismos. Uno de los aspectos en que mas interviene es el de la cimentación profunda, es por eso que el presente trabajo pretende mostrar diversas técnicas de fabricación e hincado de pilotes precolados, los cuales intervienen con bastante frecuencia y relevancia en la realización de la mencionada infraestructura, así como plantear a los proyectistas factores que no se toman en cuenta durante la elaboración tanto del diseño del elemento, como de su procedimiento constructivo.

B. DATOS HISTORICOS.

El hombre al volverse sedentario y vivir en lugares cercanos a lagos, rios, etc. cuyo suelo en ocasiones era fangoso se vio en la necesidad de mejorar dicho suelo buscando apoyo en capas inferiores mediante el uso de estacones que enterraban en el suelo y sobre las cuales construían sus viviendas, llamadas palafitos.

En México los aztecas, al tener dificultad en apoyar construcciones pesadas, trataron de resolverlo clavando o hincando estacones, con el fin de buscar un mejor apoyo en una capa a mayor profundidad. Al llegar los españoles y habiendo realizado la conquista, continuaron usando este sistema, como hemos podido apreciar al efectuar las recimentaciones de la catedral metropolitana el convento de san Francisco, el de las capuchinas etc. Posteriormente y con el avance del conocimiento surgieron los pilotes de madera, sobre los cuales se cimentaron muchos edificios, para posteriormente desarrollar los pilotes de concreto y acero.

C. TIPOS DE CIMENTACION.

1.- Cimentaciones superficiales. Son aquellas en que se hace uso de zapatas ya sea aisladas o corridas así como de losa de cimentación. Se usan cuando el suelo proporciona el suficiente apoyo para sustentar la construcción

2.- Cimentaciones compensadas. Son aquellas en las cuales se extrae un volumen de suelo tal que el edificio una vez terminado, no transmita al suelo esfuerzos mayores que los permisibles.

3.- Cimentaciones profundas. La cimentación profunda consiste en transmitir por medio de pilas, pilotes, etc., las cargas que origina una construcción a estratos de apoyo en el subsuelo los cuales tengan la suficiente capacidad para soportar dichas cargas.

La cimentación profunda se hace por medio de varios elementos transmisores de carga los cuales son:

- Muro Milán
- Pilas
- Pilotes

I GENERALIDADES

Podemos definir que un pilote es un elemento estructural de pequeña área o sección en comparación con su longitud en cuya instalación se hace uso de energía dinámica.

Habiendo definido el concepto de pilote mencionaremos que hay confusión entre lo que son pilas y pilotes, esto en función de las múltiples definiciones que hay al respecto. Aclaremos que en función de su procedimiento constructivo, podemos afirmar categóricamente que todo cimiento profundo que para su construcción necesite emplear un martillo (energía dinámica) es un pilote, no importando su sección, su longitud ni su material.

Los pilotes se emplean como elementos de cimentación profunda cuando se requiere de lo siguiente:

1.- Transmitir las cargas de una estructura a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente que garantice el apoyo adecuado.

2.- Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre suelo y pilote.

3.- Compactar suelos granulares, con fines de generación de capacidad de carga.

4.- Proporcionar el debido anclaje lateral a determinada estructura (como tablaestaca por ejemplo) o bien resistir fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas.

5.- Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones asentadas de volcadura o cualquier efecto que trate de levantar la estructura.

6.- Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión, socavaciones y otros efectos nocivos.

7.- Proteger estructuras marítimas, como muelles atracaderos etc.. contra el impacto de barcos plataformas u objetos flotantes.

Los pilotes en base a su funcionamiento se clasifican en tres tipos diferentes:

a.- Pilotes de punta. Estos están apoyados directamente en un estrato duro y del cual obtiene su capacidad de carga, despreciando el suelo que lo rodea. Dentro de los pilotes de punta hay una subdivisión que son los pilotes de control, estos son pilotes de punta los cuales tienen un dispositivo que permite el hundimiento controlado de los edificios, al mismo tiempo que el suelo sobre el que se desplanta. (figura I.1)

b.- Pilotes de fricción. Aquí el pilote adquiere su capacidad de carga del suelo que lo rodea debido a la resistencia al corte que adquiere el sistema suelo-pilote. (figura I.2)

c.- Pilotes mixtos. Los pilotes mixtos como su nombre lo indica funcionan con una combinación de los dos sistemas anteriores, trabajan apoyándose en un estrato "duro", y transmitiendo carga por medio del suelo que lo rodea. (figura I.3)

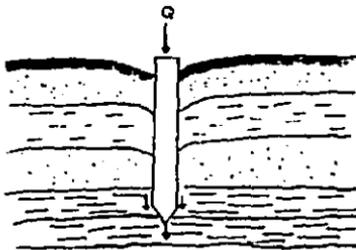


Figura I.1

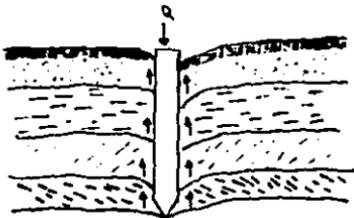


Figura I.2

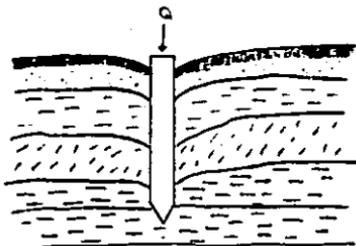


Figura 1.3

II PILOTES EN GENERAL

Como ya hemos podido apreciar, al hablar de pilotes sabemos que estos tienen mucho tiempo de usarse y por lo tanto podemos ver que hay de diferentes materiales y geometrías.

En lo que se refiere a materiales podemos decir que son de tres materiales diferentes los cuales son:

madera
concreto
acero

Tenemos que considerar el hecho de que en la mayoría de los casos los pilotes están hechos con la combinación de estos materiales como podremos ver mas adelante.

En lo que se refiere a su geometría podemos decir que generalmente son:

triangulares
cuadrados
hexagonales
octagonales
cilíndricos
tubulares
en forma de "H"
perfiles metálicos

Ahora bien, con la combinación de lo anterior vemos que se han desarrollado diferentes tecnologías en función de las necesidades para el funcionamiento y fabricación de pilotes, a continuación veremos los diferentes tipos de pilotes.

A. PILOTES DE MADERA.

Estos fueron como vimos anteriormente los primeros que se emplearon. Ahora bien, estos pilotes están hechos de madera dura tratada para evitar que se pudran. Su longitud es variable, pero en caso de ser esta muy larga y por lo tanto necesitar mas de un tramo, estos se unen con una barra metálica que se coloca en su parte central, además de un cincho metálico que envuelve a los extremos de ambos tramos, estando estos atornillados al cincho metálico como se muestra en la figura II.1, además de que en ocasiones se protege la punta con un forro metálico o con una pieza de acero.

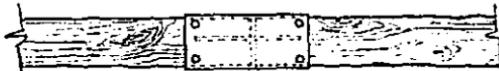


figura II.1

Como complemento de la union con el zincho metalico y la protección en la punta; al pilote de madera se le coloca una cabeza de concreto en la zona donde el nivel freatico es variable, esto obviamente para protegerlo de los efectos del intemperismo.

Los pilotes de madera tuvieron un gran uso hasta la aparición de los pilotes de concreto que los desplazaron, ya que los pilotes de madera presentaban varios problemas de los cuales mencionaremos los principales.

1.- Debido a que su sección no es muy grande transmite al terreno una gran carga la cual afecta nuestro factor de seguridad.

2.- También el hecho de que la junta entre sus tramos no garantiza que haya la continuidad necesaria ademas de que puede provocar fallas en la sección del pilote.

3.- El hecho de que no pueda haber un control adecuado de la verticalidad durante su hincado.

4.- No puede soportar los esfuerzos debido a un fuerte hincado que en ocasiones es necesario para penetrar mantos resistentes.

B. PILOTES COLADOS IN SITU

Los pilotes colados in situ como su nombre lo dice tienen la cualidad de ser "fabricados" en el lugar donde se les necesita. Estos pilotes son de muy variados tipos segun su procedimiento constructivo. A continuación veremos los principales.

1.- Pilote vibro. El pilote vibro consiste en hincar un tubo de acero de diámetro variable, con una punta metálica desprendible o perdida, hasta la profundidad de proyecto por medio de un martillo vibro. Una vez terminado este paso, se coloca el armado diseñado y posteriormente se inicia el vaciado de concreto, una vez que se ha llegado a una determinada altura se inicia la extracción de la canisa de acero por medio de vibraciones lo cual provoca el

acomodo del concreto, ya extraído cierta distancia el tubo se procede a vaciar concreto de nuevo y se continúa con la extracción hasta terminar, quedando el pilote de un diámetro menor al tubo de acero utilizado. (figura II.2)

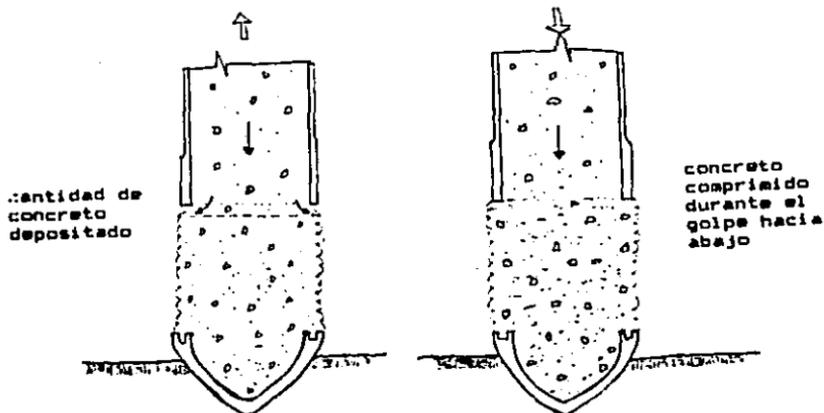


figura II.2

2.- Pilote Bottom-Bottom. En este procedimiento se hince un tubo de acero rígido, con un diámetro de 35.56 cm interiores y una pared de 1.905 cm, que tiene en el extremo inferior una punta de concreto de un $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ o mayor. Se llega a la profundidad de proyecto, posteriormente se introduce un casquillo de lámina corrugada del número 16 al 18, de 30.48 cm de diámetro. Una vez colocado y fijado a la punta por medio de un perno se procede a colocar el armado y vaciar el concreto. Terminado este proceso se procede a retirar el tubo de acero quedando el pilote terminado. (figura II.3)

3.- Pilote de concreto comprimido tipo Simplex. En este tipo de pilote se hince un tubo de acero con una punta prefabricada, posteriormente se procede a introducir el acero de anclaje al vaciado de concreto y una vez terminado se retira el tubo que sirve de adome. figura (II.4)

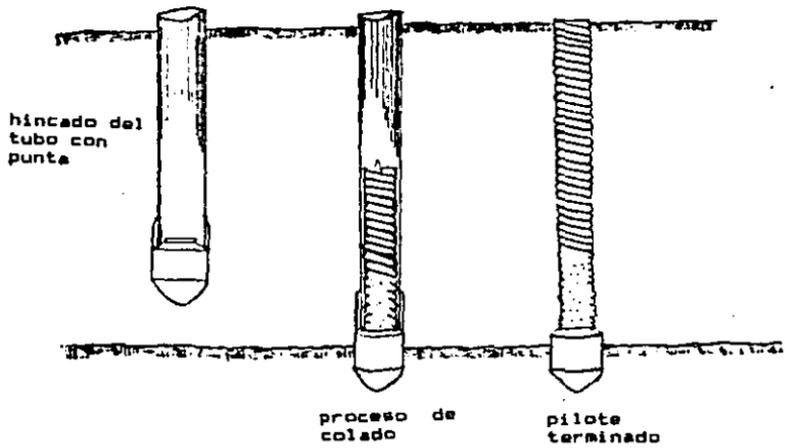


figura II.3

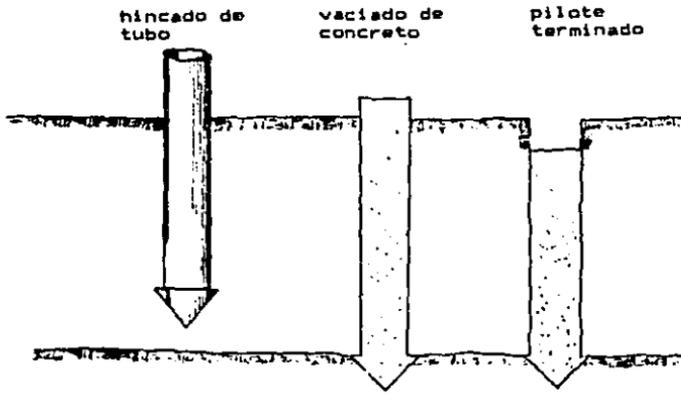


figura II.4

4.- Pilote de concreto comprimido tipo Franki. Al igual que en casos anteriores se hince un tubo de acero con una punta de concreto prefabricada hasta la cota de proyecto, se procede a introducir el acero de anclaje, a continuación se realiza el colado, el cual se realiza en partes ya que a cada intervalo el concreto es expulsado fuera del tubo de acero por medio del golpeo de un martillo de caída libre mientras el tubo de acero se extrae un poco. (figura II.5)

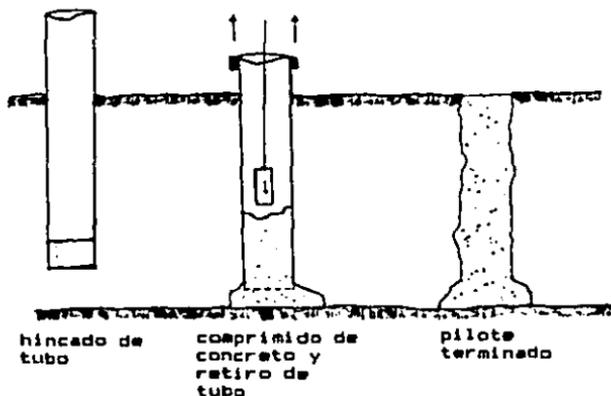


figura II.5

5.- Pilote de concreto comprimido tipo Mc Arthur. En este caso, al igual que en los anteriores se procede al hincado de un tubo o camisa de acero. Sin embargo aquí al concreto se le presiona por medio de un pistón al mismo tiempo que se extrae el tubo de hincado, repitiéndose este proceso hasta el término de la fabricación de dicho pilote. (figura II.6)

Todos estos tipos de pilotes comprimidos, presentaban diversos tipos de problemas de los cuales los principales eran:

Mayor consumo de concreto en caso de encontrar mantos suaves.

Problemas de atascamiento y por lo tanto de continuidad.

No se pueden emplear en agua o en suelos fluidos ni en arcilla que sea compresible.

La posibilidad durante el proceso de fabricación que falte continuidad, siendo este el principal inconveniente.

La necesidad de tener personal con amplia experiencia y habilidad.

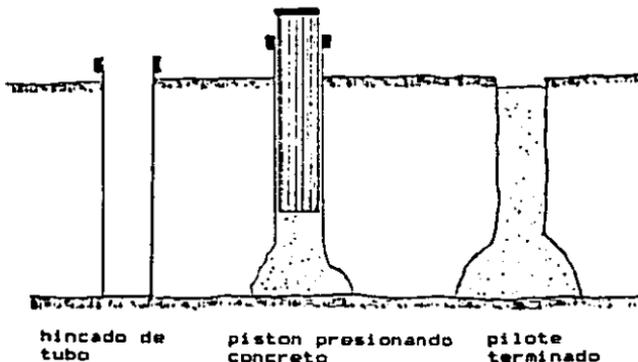


figura II.6

6.- Pilote de concreto comprimido tipo Western. Aquí el proceso es básicamente igual que en los anteriores, pero tiene la ventaja de que la extracción de la camisa de acero la hace el pistón apoyado en el concreto, de manera sincronizada con la extracción lo cual provoca que la cantidad sea la necesaria para que se mantenga la continuidad y por lo tanto su diámetro no varíe, además de que debido a que el sistema está automatizado y sincronizado, no se requiere personal demasiado hábil o especializado. (figura II.7)

presión de concreto y extracción de tubo

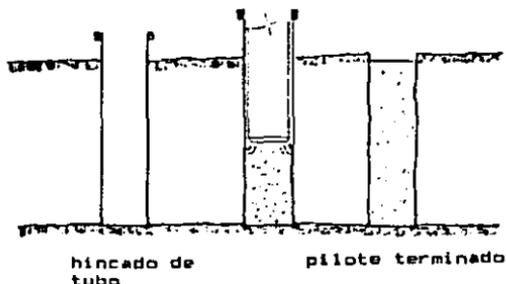


figura II.7

7.- Pilote de concreto comprimido tipo pedestal. En este tipo de pilotes se procede de la siguiente manera; se introduce una camisa exterior junto con un tubo interior que se encuentra sellado en su parte inferior con una placa que umbona con la camisa y que en la punta lleva un tapón de concreto; ambos tubos son hincados juntos hasta la profundidad deseada, a continuación se retira el tubo interior y se introduce el concreto, posteriormente se coloca el tubo interior y se ejerce presión sobre el concreto y al mismo tiempo se extrae la camisa exterior. A continuación se rehincan la camisa y el tubo hasta una cota un poco más arriba que la anterior, logrando formar de esta manera el pedestal. De ser necesario es posible repetir este proceso.

Terminada esta etapa se procede a introducir la camisa exterior, colocándose a continuación el armado y procediendo al vaciado del concreto. Una vez terminado este se coloca el tubo interior sobre el concreto y se procede a extraer la camisa exterior al mismo tiempo que se comprime el concreto.

Este proceso como podemos apreciar tiene muchas ventajas con respecto a los anteriores ya que mantiene la continuidad en el pilote, así mismo su sección es uniforme y no se introducen substancias extrañas que alteren las propiedades del concreto, por lo cual nuestro pilote se mantiene intacto.

El pilote tipo pedestal, es un pilote con gran capacidad de carga, por lo cual tiene muchas ventajas que al final se traduce en economía. (figura II.8)

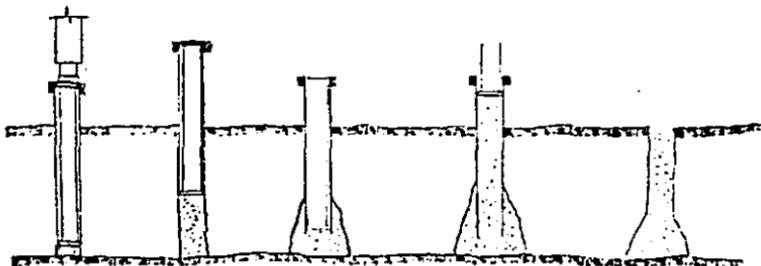


figura II.8

B.- Pilote Augercast. Este pilote es en la actualidad muy usado dentro de los pilotes colados in situ, que debido a su fabricación logra una gran fricción con los materiales que los rodean además de tener grandes ventajas como son:

No se somete a esfuerzos de manejo.

No se somete a esfuerzos de izado.

No necesita ningún tipo de ademe.

Se conoce su longitud total.

No se producen vibraciones como en los pilotes que son hincados a percusión.

Ahora bien, su proceso de fabricación es como sigue, se introduce la broca augercast (hélice continua), por medio de un impulsor hasta la cota de diseño, una vez alcanzada dicha cota se procede a inyectar el mortero el cual es de alta resistencia (cuyos componentes son: cemento portland, puzolana, fluidizantes y por último arena), por el interior de la broca al mismo tiempo

que esta se va retirando, dicho mortero es inyectado a presión lo que provoca que vaya ocupando todos los espacios que se presentan. Terminando de inyectar el mortero y de haber retirado la broca se introduce el acero de refuerzo, con lo cual queda terminado el pilote. (figura II.9)

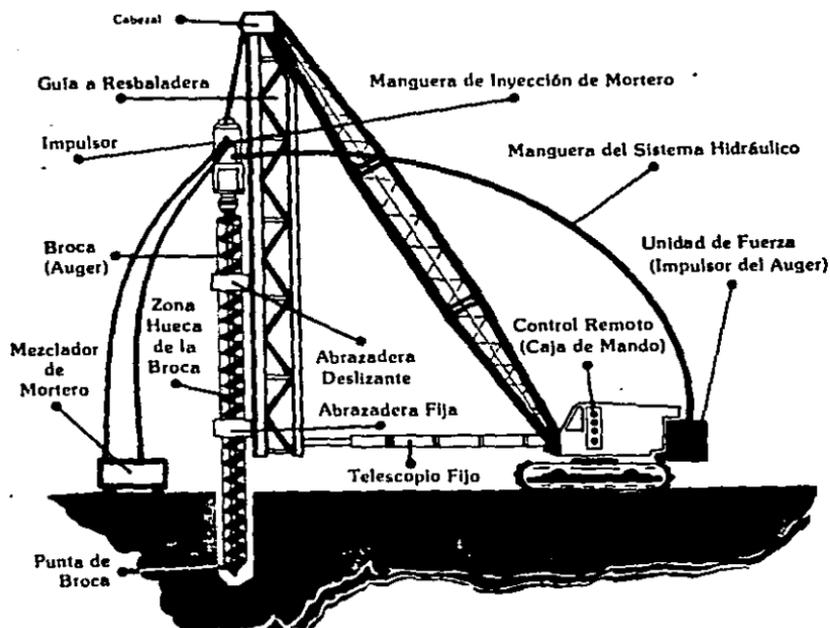


figura II.9

Otra variante de los pilotes colados in situ son los pilotes hincados con mandril o núcleo, que proporciona respaldo a los casquillos o moldes de paredes delgadas y soporta el peso del martillo cuando son hincados el mandril y los casquillos, hasta la cota de proyecto.

9.- Pilotes Cobi. En este tipo de pilote el molde o casquillo se encuentra corrugado helicoidalmente y varía del calibre 14 al 18 se coloca dentro un mandril que se dilata para sostener el molde durante el hincado que se realiza por medio de un martillo, una vez alcanzada la cota de proyecto se procede a contraer y retirar el mandril, y a realizar el colado del pilote. (figura II.10)

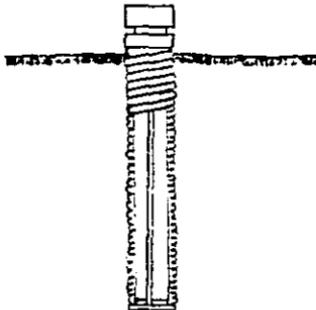


figura II.10

10.- Pilote Raymond. La característica principal del pilote Raymond es que es cónico, habiendo dos tipos principales el pilote de conicidad constante y el de conicidad escalonada.

a.- Pilote Raymond de conicidad constante. Tiene de 0.4" por pie, el diámetro de su punta es de 8" y su longitud máxima de 37' y 6", siendo su diámetro tope de 23" los casquillos de acero laminado que va del calibre 14 al 24 su uso es generalmente de fricción, debido a su forma actúa como cuña por lo cual desarrolla mas capacidad con menor penetración, que en el caso de pilotes rectos, esto en suelos poco compresibles. (figura II.11)



b.- Pilote Raymond de conicidad escalonada. Aquí como su nombre lo indica su conicidad se forma a base de aumentar la sección del casquillo, que generalmente es de una pulgada cada 8', 12' o 16', al igual que en el caso anterior el casquillo es de lamina corrugada siendo en este caso los calibres 14 a 18 los mas usuales. Todas las secciones van unidas por soldadura, además de que la punta es de 8' a 12' de diametro. (figura 11.12)



figura 11.12

11.- Pilote tipo proyectil. Este se usa cuando se quiere alcanzar un estrato sólido a gran profundidad, para atravesar un manto resistente y de poco espesor o cuando hay un desnivel muy fuerte en el manto de apoyo.

Para su fabricación se procede de la siguiente manera, se introduce el tubo perforador hasta la cota marcada a continuación se retira el mandril o corazón y se introduce el proyectil que puede ser un perfil laminado o bien un tubo lleno de concreto, a continuación se introduce nuevamente el mandril y se procede a golpearlo hasta hacerlo llegar a la profundidad requerida. A continuación se coloca el armado y se procede al colado. El sistema de proyectil se puede combinar con varios procedimientos como son los de concreto comprimido, los Button-Bottom, los vibro etc... (figura 11.13)

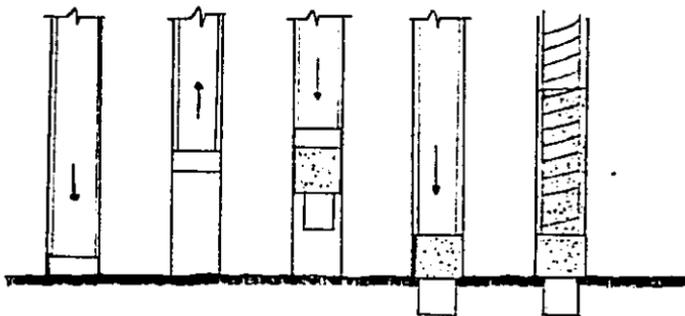


figura II.13

C. PILOTES DE ACERO.

Dentro de la cimentación profunda se usan como pilotes tubería de acero así como los perfiles laminados, siendo el más usual el "H", sobre todo cuando el hincado es violento y de grandes longitudes.

1.- Pilotes tubulares. Los pilotes tubulares como su nombre lo indica son o están hechos de tubo, variando por lo general de 25 a 75 cm y su espesor nunca es menor a 4.5 mm, llegando a ser de 19.1 mm, o más si así se requiere, sin embargo lo anterior es lo más usual.

Los pilotes tubulares en algunas ocasiones se rellenan de concreto para lo cual se hincan con una tapa en la parte inferior pudiendo ser esta una tapa horizontal plana o con ataque, o bien una punta cónica, no habiendo gran diferencia entre las dos siendo su proceso igual que los colados in situ anteriormente descrito. (figura II.14)

Ahora bien hay ocasiones en que se hincan con el extremo abierto que se emplean por lo general para apoyarse en roca y se diseñan para cargas muy grandes o bien cuando se desea reducir al

mínimo los desplazamientos del subsuelo durante el proceso de hincado, su limpieza interna puede hacerse por medio de aire agua o herramientas especiales, ya sea en toda su longitud o parcialmente y rellenarse con algún material sano ya sea concreto, mortero, grava o bien arena.

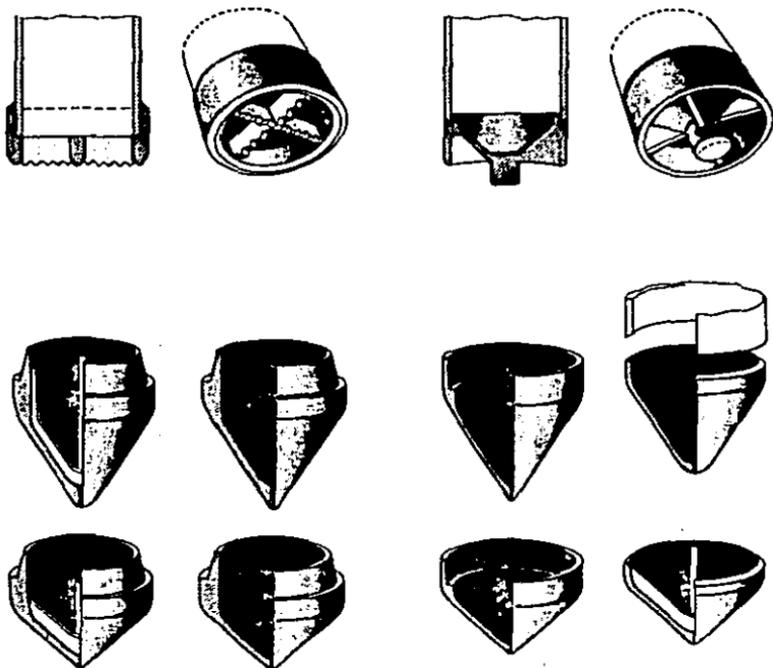


figura II.14

2.- Pilotes " H ". Los pilotes " H ", como se menciona anteriormente son en la mayoría de los casos perfiles laminados, especialmente diseñados para que funcionen como pilotes.

Los pilotes " H " tienen la particularidad de penetrar en el terreno mas fácilmente que los otros tipos debido a que desalojan poco material, sin embargo hay que tener cuidado de que no se doblen ni desvien, para lo cual se refuerzan con una punta.

Los pilotes " H " bajo un hincado fuerte y prolongado, tienden a doblarse, por lo cual es preferible usar un golpeador circular para que la viga se pueda doblar dentro de este, ya que es preferible que se doble en el extremo superior que en cualquier otro punto. (figura II.15)



figura II.15

Un aspecto importante a tratar en lo que se refiere a los pilotes metálicos es el hecho de que están sujetos a la acción de los agentes naturales que provocan corrosión, por lo cual se procura protegerlos ya sea usando recubrimientos epóxicos, concreto, emulsión asfáltica, protección catódica, etc..

III FABRICACION DE PILOTES PRECOLADOS

Los pilotes precolados estan hechos de concreto armado pudiendo ser tambien preesforzados.

A. PILOTES PRECOLADOS.

Los pilotes precolados, pueden ser de diferentes secciones y longitudes asi como compuestos de 1 o mas tramos llegando a ser en la práctica no mas de 4.

Las secciones que se manejan de manera comercial son:

- triangular
- cuadrada
- exagonal
- octagonal
- circuldar
- seccion "H"

El armado de los pilotes precolados y preesforzados, se diseña principalmente en función de los esfuerzos ocasionados por el manejo e hincado a que estaran sujetos.

Los pilotes precolados se fabrican sobre superficies planas llamadas camas de colado, dichas camas tienen que ubicarse de ser posible en el centro de las zonas a pilotear, en función de la densidad de los pilotes, siempre y cuando no vayan a ser una obstrucción en el futuro, pese a que en muchas ocasiones hay factores de poder que rigen y a los cuales habrá que someterse. Dicha cama se fabrica sobre una superficie a raz y compactada, que tenga una pendiente del 2% de preferencia, con el fin de que el espesor de la cama sea constante. La cama tiene que tener un espesor no menor a los 10 cm ni mayor a 15 cm, con una pendiente del 2% con el fin de facilitar el colado y su limpieza; las dimensiones de la cama, se regirán en función de la longitud, el ancho y la cantidad de pilotes a fabricar, así como del sistema a utilizar. Su acabado deberá ser pulido en caso de que vaya a servir como cimbra. En algunos casos sobre todo cuando se va a usar cimbra metálica y curado a vapor la cama llevará guías metálicas a las cuales irá sujeta la cimbra, dichas guías están hechas por lo general de canal monten a los cuales van soldadas grupos de dos varillas, una en sentido vertical de 20 a 25 cm y la otra en sentido horizontal de 25 a 30 cm, esto se hace con el fin de que las guías no se desprendan cuando se levanten los pilotes de la cama. (figura III.1)

Es recomendable que la cama se extienda de 20 a 40 cm mas a sus lados, con el fin de poder transitar durante el colado y de instalar tubería en caso de ser necesario y dejar un espacio de 30 a 50 cm entre pilotes para la instalación de la tubería de curado a vapor y transitar durante el colado. (figura III.1)

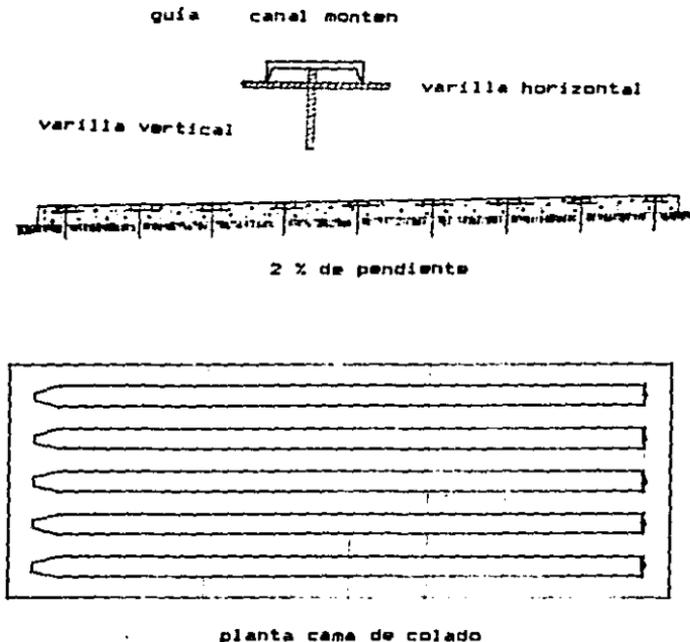


figura III.1

Una vez concluida la fabricación de la cama se procede a la instalación de la cimbra, tomando en cuenta que son tres métodos los más usuales de los cuales dos llevan curado a vapor.

1.- Primer método. Terminada la fabricación de la cama se procede a instalar la cimbra metálica, por medio de soldadura a las guías previamente colocadas para dicha instalación. Hay que cuidar el hecho de que la cimbra quede bien nivelada y alineada debido a que una vez iniciando los trabajos de colado, cualquier corrección es muy tardada y por ende costosa. (figura III.2)

En estos casos hay que tener en mente que estamos instalando una "fábrica" de pilotes, con una producción periódica según un programa por lo cual todos los elementos que la componen tienen que estar bien instalados y operando óptimamente.

A continuación se procedera a la instalación de la caldera la cual se coloca sobre un área preparada de antemano y que se encuentra anexa a la cama de colado, la cual posteriormente se le rodeara con una caseta para que solo su operador (fogonero) tenga acceso a ella. Una vez concluida la instalación de la caldera se procedera a tender la tubería del curado a vapor que va en los pasillos existentes entre los moldes metálicos, y la de alimentación a la caldera que se realiza por medio de la inyección de agua. (figura III.2)

En las obras hay que tener una cisterna o bien unos tanques de almacenamiento de agua con un volumen tal que sea cuando menos el doble del consumo por jornada de operación de la caldera como mínimo ya que hay que tener una reserva de agua por cualquier eventualidad posible.

Una vez terminados los preparativos anteriores, y para dar paso a la fabricación se procede a untar la cimbra de desmoldante. A continuación se coloca el armado y se calza, en caso de estar compuesto de dos tramos o más se procedera a puntear las placas de unión para evitar que las placas queden desalineadas durante la colocación y vibrado del concreto, y por consiguiente se tengan problemas durante el hincado. Esto último es necesario hacerlo no importando el método que se emplee para la fabricación.

Posteriormente se procede al colado, para el cual se acostumbra dos métodos. El uso de cualquiera de los dos va en función de los accesos, espacio, tiempo y recursos de que se dispone. El primero se realiza con bache usando una grúa, el segundo directamente de la olla de concreto, en ambos casos es conveniente el uso de tarimas en los espacios entre la cimbra, lo cual facilitará el colado y evitará el desperdicio.

Para el vibrado del concreto se hace de manera tradicional, mediante el uso de vibradores, sin embargo es muy conveniente usar vibradores que tengan la característica de que la fuente de poder no se tenga que mover, por lo cual sus chicotes tienen un gran radio de acción y así alcance los extremos mas alejados de la cama, este requisito, lo cumplen muy bien ciertos vibradores cuyos chicotes funcionan por medio de energía eléctrica.

Cuando se ha concluido el colado se procede a cubrir la cama con lonas y para que esta no esté en contacto con los pilotes se colocan soportes que por lo general son hechizos en obra, y sobre ellos se colocan lonas para proceder a la inyección de vapor y por consiguiente al curado acelerado de los pilotes.

Terminado el curado a vapor se procede a retirar las lonas los soportes y a descibrar para posteriormente retirar los pilotes estibarios y proceder a la limpieza de la cimbra y el área en general para repetir el proceso de fabricación.



figura III.2

2.- Segundo método. Este es también conocido como de pilotes intermedios y es conveniente cuando la cantidad de los pilotes es de un volumen tal que no convenga económicamente la fabricación de la cimbra metálica abatible embisagrada, en caso de ser necesario o bien ni la inversión en la instalación de la misma.

Aquí se usa cimbra en tableros, de marco metálico y superficie de contacto de madera o metálica, siendo la primera la mas usada.

La cimbra se coloca sobre la cama de fabricación, se clava o se fija por medio de preparaciones que se dejaron en la cama al fabricarla, esta cimbra se alinea y se nivela, dejando que el espacio entre áreas de contacto de la cimbra de dos pilotes que se encuentren juntos sea igual a la sección del pilote. Una vez colocada la cimbra se procede a untar el desmoldante, colocar el armado, calzario y proceder al colado y curado que se realiza de la misma manera que en el caso anterior, posteriormente se procede a descimbrar. Ahora bien en el siguiente colado se usan los pilotes anteriormente fabricados como cimbra para los nuevos y así sucesivamente, sólo cuando se fabriquen los pilotes exteriores se colocará un lado de la cimbra. (figura III.3)

Se procederá de esta manera mientras los pilotes se puedan mantener razonablemente alineados, así que periódicamente va a ser necesario colocar toda la cimbra. Todo esto con el fin de mantener la calidad de los pilotes.

En este caso la tubería de curado a vapor se coloca a los lados de la cama de fabricación. (figura III.3)

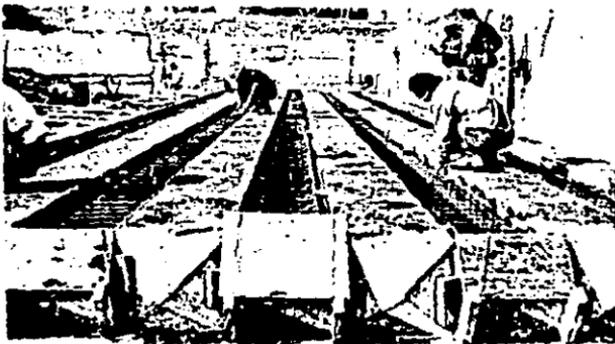


figura III.3

3.- Tercer método. En este método como se mencionó anteriormente no se empieza el curado a vapor. Aquí se procede de la misma manera que en el caso anterior en cuanto a preparación y colado, pero una vez cubierta la cama con pilotes se continúa la fabricación hacia arriba de manera que quedan los pilotes de mas de una sección ya que es muy probable que se presenten defectos de fabricación lo cual traera problemas en el hincado.

Por otra parte su manejo es mas problemático ya que se les tienen que dejar tubos ahogados para que funcionen como orejas de izado lo cual dificulta, y hace mas tardadas y peligrosas todas las maniobras a realizar con ellos. (figuras III.4)

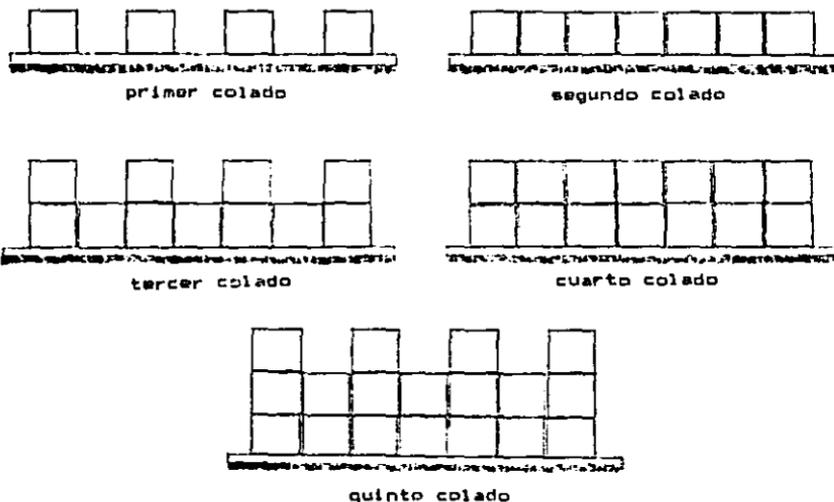


figura III.4

B. PILOTES PRECOLADOS PREEFORZADOS.

Los pilotes preeforzados, estan hechos de concreto pretensado, pudiendo ser de diferentes longitudes de uno o mas tramos aunque en la práctica no mas de dos, y así mismo pueden ser de diferentes secciones al igual que un el inciso A de este capitulo.

Con los pilotes preeforzados, se trata de obtener, mayores ventajas del concreto y reducir al mínimo los problemas que se presentan y que acusan los pilotes precolados, se trata de reducir peso y así las grietas que se producen durante su manejo e hincado y por consiguiente retardar su deterioro.

Su forma mas usada es la " H " y en ocasiones la cilíndrica, su uso mas comun es como pilotes de fricción, aunque no se descarta el de punta.

En lo que se refiere a su fabricación estos pilotes se fabrican en planta, y sus preparativos son por decirlo así especiales.

Aquí sus camas son metálicas, tienen grandes longitudes llegando a los 200 m, estan ancladas al piso para asegurar su posición y poder fijar los puntos de tensado de la cama, su altura debe ser tal que permita el trabajar comodamente.

Posteriormente se colocan los moldes, el cable el cual se fija y posteriormente se tensa, una vez concluidos estos pasos se procede al colado con un concreto de revenimiento 12 cm y un TMA de 3/4", el vibrado se hace con vibradores de contacto colocados sobre plataformas rodantes para que avancen conforme el colado lo requiera. (figura III.5)

Terminado el colado procedemos a curar los pilotes con vapor y una vez finalizado se retiran y se almacenan en lugares destinados especialmente para ello.

Ahora bien comentaremos que se han desarrollado pilotes huecos cilíndricos preeforzados de concreto centrifugado con diametros de hasta 1.5 m y de espesor de paredes de 10 a 15 cm, de grandes capacidades los cuales son muy usados en puentes.

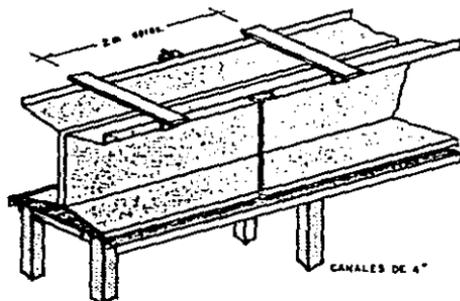
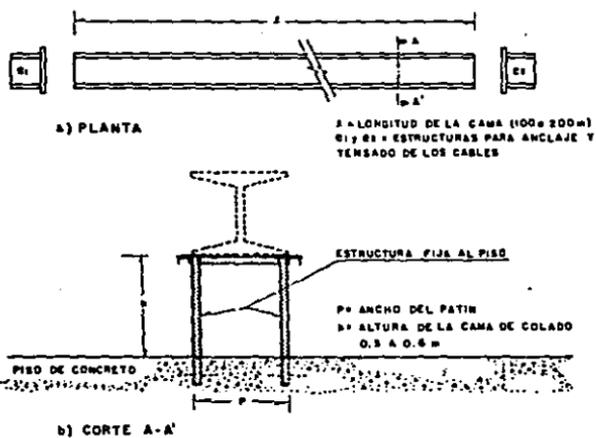


figura III.5

C. PILOTES MEGA.

Dentro de los pilotes precolados, se encuentran los pilotes llamados mega, estos surgen a raíz de la dificultad de hincar los pilotes tradicionales principalmente por problemas de espacio que surgen sobretodo en las recimentaciones.

El pilote mega, está compuesto por tramos pequeños de 0.8 a 1.5 m de sección circular o cuadrada. Dichos tramos tienen una perforación circular central donde posteriormente y durante el hincado se introducirá el acero de refuerzo. (figura III.6)

Este pilote tiene la ventaja de que puede ser fabricado en obra o en planta, que no necesita equipo especializado para su manejo e hincado.

Su fabricación se hace en camas aunque estas no tienen que tener las características de las anteriores, sino ser superficies planas y limpias donde poder fabricar y curar, en caso de ser en obra y siendo en planta se tendrán camas, zonas de curado y almacenaje especiales para ello.

La única pieza de fabricación especial, es en estos casos la punta. Esta puede ser de diferentes maneras, según proyecto, así mismo se puede poner punta T o proyectil vista anteriormente, o bien metálica si así lo requiere el proyecto.

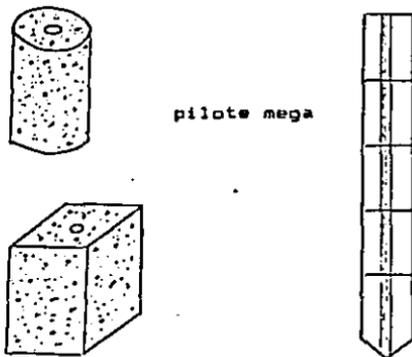


figura III.6

D. MANEJO DE PILOTES.

Este es un aspecto que la mayor parte de las veces se descuida en obra. Sin embargo es de mucha importancia ya que debido al mal manejo y estiba de pilotes estos llegan a sufrir fracturas lo cual ocasiona que los pilotes sean rechazados y cuando la supervisión lo acepta se procede a repararlos lo que provocará un atraso e incremento en el costo.

El manejo por lo general se realiza por medio de grúas o dragas.

Para todo lo que implique manejo y estiba de pilotes se han seleccionado y preparado ciertos puntos llamados anclas u orejas donde los momentos se distribuyen uniformemente por lo que son los óptimos para realizar cualquier movimiento. (figura III.7)

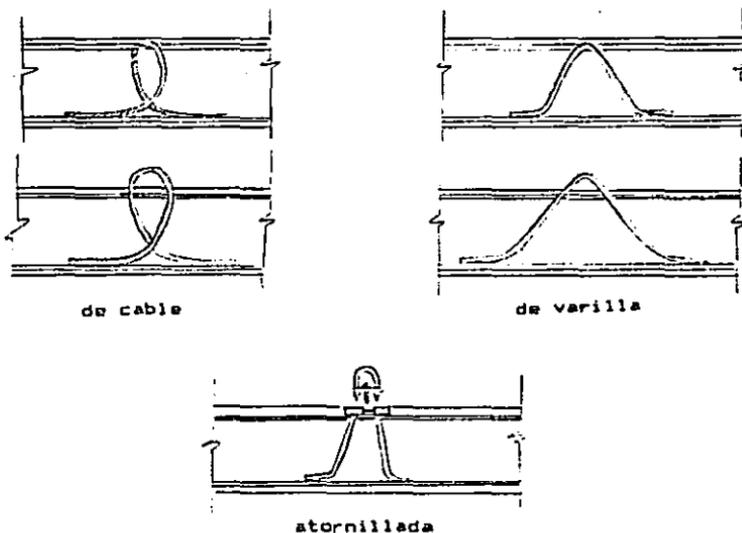


figura III.7

Un aspecto muy importante dentro del manejo de los pilotes es su estiva, la cual se realiza por medio de tongas o camas de pilotes, estos se deben apoyar en los mismos puntos de izado, pese a que en ocasiones debido a las anclas no es posible hacerlo exactamente en estos puntos por lo que es conveniente que sea lo más próximo a dichos puntos. La altura de las camas se va a regir por varios factores como son la resistencia del terreno, la resistencia de los soportes que casi siempre es madera, y la resistencia al aplastamiento del concreto, tomando en consideración la facilidad de manejo. Ahora bien en función de la experiencia se ha comprobado que una tonga de 4 o 5 pisos es la adecuada. (figura III.B)

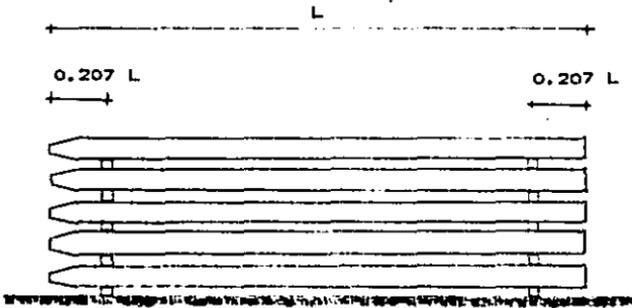


figura III.B

E. CURADO A VAPOR

Como vimos anteriormente el curado a vapor es un recurso muy usado en la fabricación de pilotes precolados y pretensados pero del cual se conoce poco realmente lo cual provoca que se maneje de manera empírica. Esto sucede tanto de parte del constructor como del supervisor.

Hay referencias y datos que indican que desde 1912 mencionan esta técnica de curado y ya en forma de investigación a partir de 1950.

En condiciones idóneas la ventaja del curado con vapor a presión atmosférica, sobre otros métodos, es que el medio de curado se encuentra cerca de la saturación de humedad, disminuyendo la evaporación del agua del elemento, lo que es importante cuando son elementos de descimbrado total.

Ahora bien, en los pilotes prefabricados donde estos se curan en un molde donde la evaporación es mínima, que su volumen sea tan grande que la transferencia de calor sea lenta lo que provoca que entre el centro y la superficie exterior de la masa existan elevados gradientes de temperatura.

En el curado a vapor de productos prefabricados y reforzados se interrelacionan todos los factores así que cualquier cambio en una sola de sus partes puede afectar a las otras, dichos factores son:

- volumen de concreto
- período de curado inicial
- índice de incremento de temperatura
- temperatura máxima de curado
- duración de vaporización
- período de enfriamiento

Del segundo al quinto son lo que se denomina ciclo de curado.

1.- Volumen. Aquí vemos que masas pequeñas se calientan con mayor rapidez que las grandes, pero una mayor masa de concreto generará y retendrá más que su propio calor a través de la hidratación además de que tendrá una temperatura interior más alta que la que marca el ambiente.

2.- Período de curado inicial. Se inicia a la temperatura ambiente, este lapso debe durar de 2 a 4 horas, y es para que el concreto obtenga su fraguado inicial aunque en ocasiones no es posible debido a las condiciones de la obra lo cual afectará su

Resistencia a los 28 días. Un aspecto importante es la relación agua-cemento, si esta es baja requerirá de un curado inicial mas corto y viceversa.

3.- Índice de incremento de temperatura. El índice de incremento en este tipo de trabajo, puede variar de 11°C a 44°C por hora y en estos elementos es mas recomendable como índice máximo de 22°C a 33°C con una duración de 3 a 5 hr, ahora bien en la práctica se han obtenido buenos resultados con 22°C de incremento.

4.- Temperatura máxima de curado. La temperatura máxima de curado y la velocidad de elevación de temperatura para llegar a la máxima, influyen en la duración requerida de temperatura máxima.

Por lo general se sugieren temperaturas de 54 °C a 82 °C encontrandose resultados mas efectivos entre los 66°C y 82°C.

Un aspecto importante a tomar en cuenta es que esto va variar en funcion del tipo de cemento que se emplee.

5.- Duración de la vaporización. Debido a que las capas de colado se usan todos los días, con un periodo de 24 hr, hay que ajustar el ciclo en general para que no pase de 15 hr.

Ahora bien, en estos casos se emplea un tiempo limitado de saturación en el cual se aplica la máxima temperatura, su rango va de 3 a 6 hr.

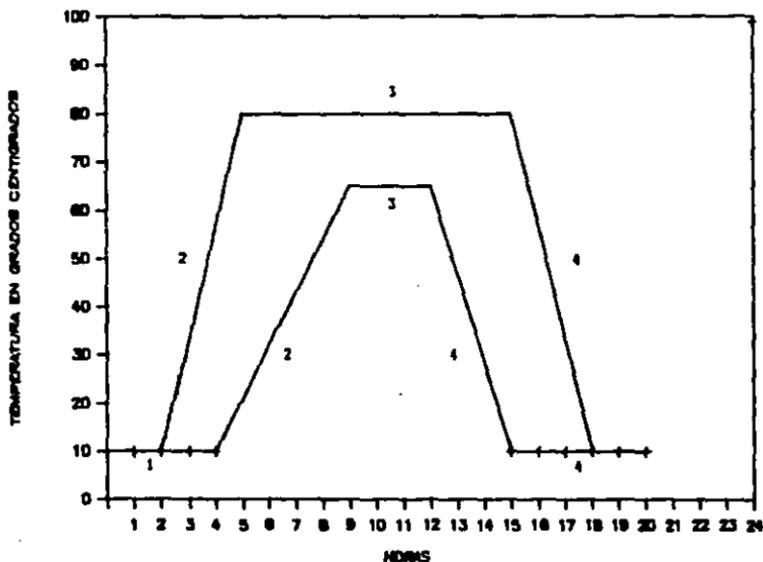
Actualmente hay nuevas técnicas las cuales se usan sobre todo en planta que consiste en aplicar durante un tiempo limitado temperatura máxima, seguidos por periodos similares de saturación a temperaturas gradualmente decrecientes para lo cual se usan eficientes barreras térmicas lo cual trae un gran ahorro de energía, ya que investigaciones hechas indican que la aplicación de calor después de 4 a 6 hr de calentamiento es innecesario y costoso.

6.- Período de enfriamiento. Es necesario el evitar cambios bruscos de temperatura durante el período de enfriamiento a fin de reducir el agrietamiento de los elementos de concreto, aunque en pruebas a escala natural se ha comprobado que esto no altera su resistencia a la compresión ya que estas grietas son solo superficiales y por lo tanto se recomiendan períodos de 1 a 3 hr, siendo el de 1 hr suficiente.

Esto se refleja en la gráfica de ciclo de curado en la figura III.9

Hay que tomar en cuenta que no existe un ciclo de curado que sea el mejor para todas las plantas, cada una es única y si un ciclo es óptimo para una seguramente no lo será para otra ya que como se dijo anteriormente hay muchos factores que interactúan, así si unos favorecen altas resistencias a edades tempranas, tendrán la oposición de los que las favorecen a edades posteriores lo que ocasionará que en cada obra busquemos el ciclo óptimo. Esto se refleja en la figura III.10 .

RANGO OPTIMO DE CURADO A VAPOR



- 1 PERIODO DE CURADO INICIAL.
- 2 PERIODO DE INCREMENTO DE TEMPERATURA
- 3 TEMPERATURA MÁXIMA DE CURADO Y DURACION DE VAPORIZACION
- 4 PERIODO DE ENFRIAMIENTO

figura III.9

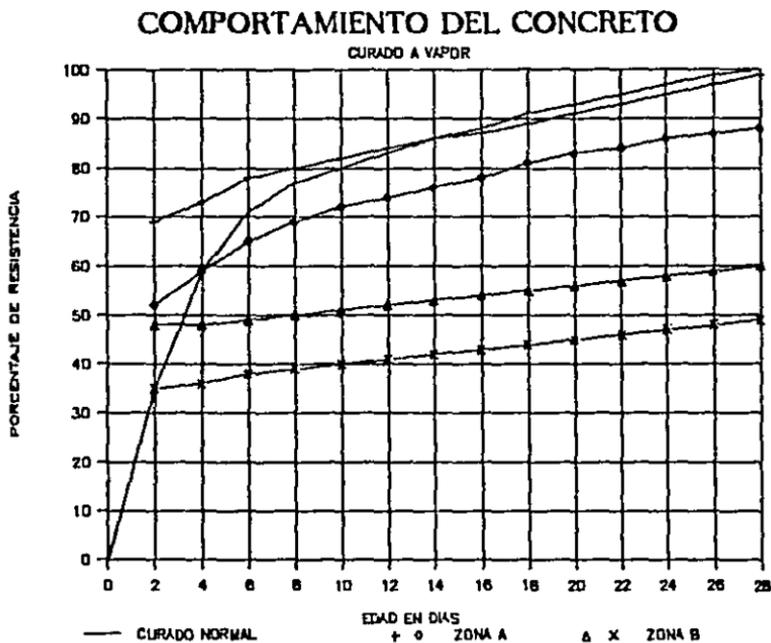


figura III.10

IV HINCADO DE PILOTES PRECOLADOS

El hincado de los pilotes precolados, suele ser el aspecto mas importante y es aquí donde realmente interviene la especialidad de los cimentadores profundos ya que en lo que se refiere a la fabricación es muy factible que sea realizada por personal que no se dedica a la especialidad y que sea bien lograda, pero no así en lo que se refiere al hincado ya que éste tiene que ser hecho por personal especializado y el uso de maquinaria muy costosa, que por lo general sólo poseen las compañías dedicadas a la especialidad.

A. EQUIPO. El equipo usado en el hincado de pilotes, es muy específico y especializado, y básicamente se compone de grúas, perforadoras, martillos y equipos menores.

1.- Grúas. El manejo, izado o hincado de pilotes se realiza por medio de grúas de varios tipos, capacidades y características, por lo que se verán las mas usuales.

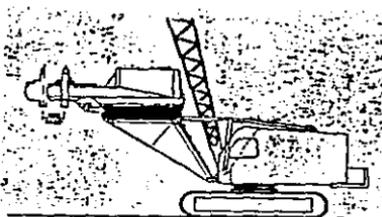
Marca	Modelo	Capacidad (ton)	Peso (ton)
Bucyrus Eire	22 B	12.0	19.3
Link-Belt	Ls 68	13.6	17.7
Link-Belt	Ls 78	14.5	22.2
Link-Belt	Ls 98	24.5	26.3
Link-Belt	Ls 98-A	36.3	32.6
Link-Belt	Ls 108-B	40.8	38.5
Link-Belt	Ls 108-C	47.0	41.5
Bucyrus Eire	38 B	50.2	42.4
Link-Belt	Ls 118	54.4	39.3
Bucyrus Eire	61 B	66.5	67.3
P & H	670 WCL	70.0	---
Link-Belt	Ls 318	72.6	57.0
Link-Belt	Ls 338	90.7	64.0
Link-Belt	Ls 418-A	100.0	73.2

De todas estas marcas en México se fabrica la Link-Belt, siendo los modelos Ls 68, Ls 98 y Ls 108-B exclusivamente.

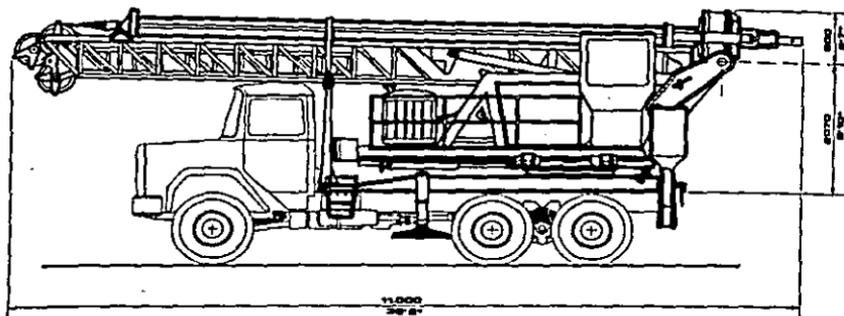
2.- Perforadoras. Las perforadoras son máquinas que se emplean para realizar barrenos por medio de una acción rotatoria. Hay tres tipos principalmente las de rotación mecánica, las de rotación hidráulica y las de rotación eléctrica.

De esta herramienta al igual que grúas, martillos y todo lo relacionado con la cimentación profunda hay una gran variedad en el mercado mundial, pero nosotros veremos lo que es mas usado en México.

Primero veremos las de rotación mecánica las cuales pueden ser de dos tipos montadas sobre grúa o bien montadas sobre camión (figura IV.1). Estos dos tipos están constituidos básicamente por un motor, un impulsor y un barretón o kelly el cual lleva en su extremo una herramienta de ataque que puede ser una broca o un bote. (figura IV.2)



montada en grúa



montada en camión

figura IV.1

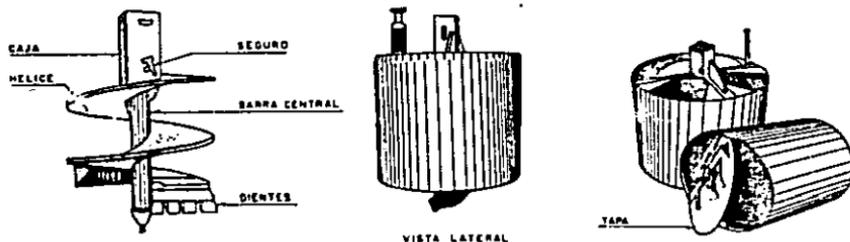


figura IV.2

a.- Perforadoras de rotación mecánica.

Marca	Tipo	Modelo	Par (kg-m)	Profundidad Maxima (m)
E-Z Bore	s/camion	90-52	-----	26.0
Calweld	"	ADL	8990	30.5
Watson	"	2000	11342	33.6
Soilmec	"	RTA-B	12100	35.0
Watson	"	3000	13831	61.0
Calweld	s/grúa	55CH	7606	32.0
Calweld	"	80CH	11064	32.0
Soilmec	"	RTC	11300	78.0
Casagrande	"	CA DRILL 12	12000	80.0
Calweld	"	125CH	17288	67.0
Watson	"	5000 CA	18400	50.0
Casagrande	"	CA DRILL 21	21000	80.0
Soilmec	"	RT3-B	21000	80.0
Calweld	"	155CHS	21160	67.0
Watson	"	6000 CA	23624	50.0

Las perforadoras de accionamiento hidráulico y eléctrico, necesitan de una fuente de poder, que suministre ya sea fluido hidráulico o energía eléctrica al impulsor para poder funcionar. (figura IV.3 y IV.4)

b.- Perforadoras de rotación hidráulica y eléctrica.

Marca	Modelo	Tipo	Par (kg-m)	Profundidad Maxima (m)	Rotación
Sanwa	D-30K	s/grúa	1240	40	Eléctrica
"	D-40K	"	1840	40	"
"	D-50H	"	4180	50	"
"	D-60H	"	10080	50	"
"	D-120H	"	22752	50	"
"	SMD-80H	"	25400	50	"
Soilmec	HY-40	"	3200	30	Hidráulica
"	HY-41	"	4500	30	"
"	CM42	s/camión	4800	49	"
"	RTA-H	"	5980	34	"
"	CM35	"	5980	34	"
"	HY-42	s/grúa	6100	30	"
"	HY-43	"	9300	30	"
"	CM39	s/camión	9700	34	"
Casagrande	IRC 120	s/grúa	11280	32	"

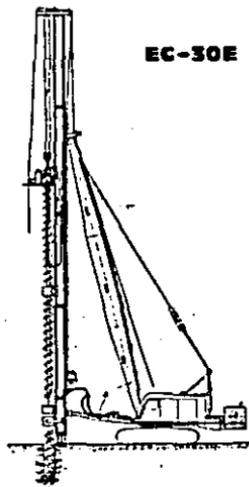


figura IV.3 perforadora montada sobre grúa

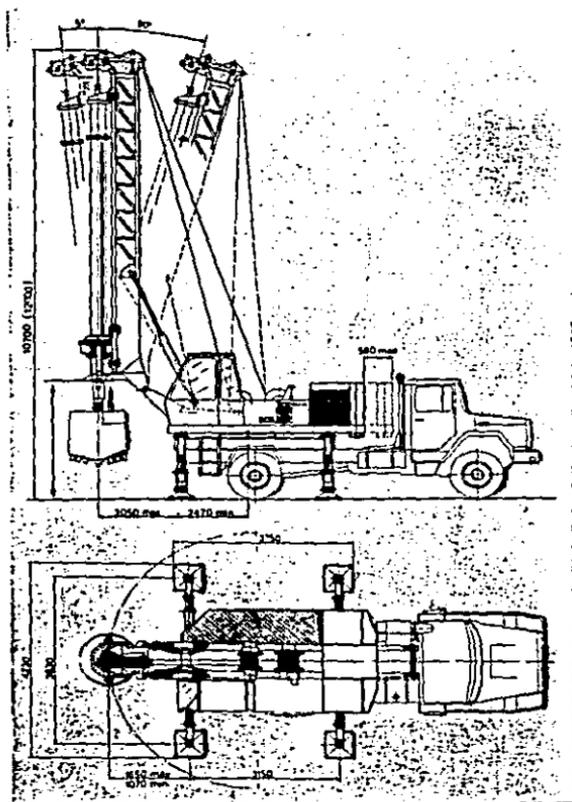


figura IV.4 perforadora montada en camión

3.- Martillos. Un martillo es una herramienta auxiliar, por medio de la cual y haciendo uso de su fuerza de impacto vamos a hincar pilotes, ataguas, tubos etc., el cual aparte de realizar el hincado nos va a garantizar el empotramiento del pilote así como su capacidad de carga.

En un principio los martillos fueron de caída libre posteriormente de vapor o aire comprimido. Con el desarrollo de la tecnología en la actualidad son de atomización por golpe usando diesel. De estos hay de dos tipos de extremo abierto y cerrado. En la actualidad los martillos diesel son los mas usados por su fácil operación y gran eficiencia..

La atomización por golpe es un tipo especial de inyección y pulverización de diesel. Esto ejerce un efecto triple sobre el pilote. Compresión, golpe y explosión.

La energía de compresión ejerce presión sobre la pieza de golpeo y sobre el cabezal de golpeo, que está al extremo del pilote.

El golpe se transmite al pilote y su extremo no es sometido a una presión excesiva por lo que la energía se transmite eficazmente. Esta hace el trabajo principal de hincado y al mismo tiempo contribuye a seguir hincando.

En épocas recientes se han desarrollado los martillos hidráulicos, que como su nombre lo indica funcionan con fluido hidráulico que es impulsado por una fuente de poder a un gato de gran capacidad. Se ha usado con éxito para hincar tubo de acero y ataguía metálica.

A continuación veremos las principales partes de un martillo de atomización por golpe las cuales se ilustran en la figura IV.5 .

a.- Mecanismo de disparo. Por medio de este el operador engancha y levanta la masa de golpeo y así inicia el accionar del martillo, también se le conoce como disparador.

b.- Depósito de combustible. Aquí se deposita y guarda el combustible que en este caso es diesel el cual junto con los lubricantes se consumen en el accionar.

c.- Masa de golpeo. También conocida como pistón, es el que proporciona el impacto y por lo tanto la energía por medio de la cual se hincan el pilote.

d.- Bomba de lubricantes. Esta inyecta el lubricante necesario durante el accionamiento del martillo.

e.- Bomba reguladora de combustible. Esta bomba es la que inyecta y regula la cantidad de diesel, por medio de ella podemos regular el accionar del martillo y así la magnitud del golpeo.

f.- Mordazas de guía. Estas mantienen sujeto el martillo a la guía permitiendo a la vez que se deslice a lo largo de ésta.

g.- Apertura de escape. Por aquí salen los gases de la expulsión y así mismo entra el aire necesario para la combustión.

h.- Pieza de golpeo. También denominada yunque, es sobre ésta que el pistón golpea y sobre esta se inyecta el diesel produciéndose la explosión.

i.- Forro de golpeo o sufridera. Esta puede ser de madera, cicarita, material plástico etc., va dentro del golpeador y sobre ella debe llevar una placa metálica, su función es:

absorber la fuerza de impacto en pilotes fragiles.
 proteger los pilotes en terrenos duros.
 distribuir y transmitir uniformemente las fuerzas al pilote.
 ampliar el tiempo de impacto por almacenamiento de energía.
 alargar la vida útil del gorro o golpeador.

j.- Cabezal de golpeo o golpeador. Sirve para proteger la cabeza de los pilotes durante su hincado además de amortiguar y distribuir la energía del impacto del pistón en su parte inferior donde hace contacto con el pilote debe llevar un colchon de madera.

El funcionamiento de un martillo, tiene cuatro pasos principales los cuales son:

- 1) Inyección de diesel y compresión. Para hacer arrancar el martillo se eleva el pistón por medio de el disparador, y al tener una altura determinada el pistón es soltado automáticamente.

En su caída el pistón acciona la bomba que inyecta el diesel en la superficie de la pieza de golpeo, en su caída el pistón cubre las lumbreras de escape y comienza a comprimir el aire en el cilindro, así la presión de compresión crece y ejerce presión a través del yunque sobre el golpeador y así transmite presión al pilote.

- 2) Golpe y explosión. Cuando el pistón golpea contra la pieza de golpeo, el diesel es atomizado en el interior del cilindro y el pilote es hincado en el terreno. El aire muy comprimido inflama el diesel nebulizado y esta explosión por una parte hinca mas el pilote y por otra envía el pistón hacia la parte superior del cilindro.



figura IV.5

- 3) Escape. Cuando el pistón sube libera las lumbreras de escape, los gases salen al exterior y la presión dentro del cilindro se nivela.
- 4) Barrido. El pistón sigue ascendiendo y absorbe aire fresco a través de las lumbreras de escape, para efectuar el barrido del cilindro y libera la palanca de bomba de combustible. Esta al volver a su posición original permite la entrada de diesel a la bomba.

La elección de un martillo adecuado es muy importante, este se debe seleccionar en función del pilote y no del suelo.

Para elegir un martillo se toman varios factores. Se deben seleccionar con una energía y peso del pistón que sean acordes a las dimensiones, pesos y capacidad de carga esperada de los pilotes, en función estudios hechos se ha llegado a la conclusión que el peso del pistón se determina por la siguiente expresión.

$$Wp = W1 \cdot Ep / h$$

Wp = peso del pistón

$W1$ = peso del pilote

Ep = energía potencial requerida por cada kg de pilote (0.3 a 0.5 kg-m)

h = altura de caída del pistón (2.5 m)

Ahora bien, en términos de energía la que el martillo transmite al pilote se determina por medio de la siguiente expresión.

$$E = W1 \cdot h / W1 + W2$$

E = energía que recibe el pilote

$W1$ = peso del pistón

$W2$ = peso del pilote

h = altura de caída del pistón (2.5 m)

En la siguiente tabla aparecen los principales martillos y sus capacidades.

Marca	Modelo	Energía por golpe (kg-m)	Peso del pistón (kg)	Peso del martillo (kg)
Dulmag	D 12	3125	1250	2750
"	D 15	3750	1500	3000
"	D 22	6700	2200	5160
"	D 30	9100	3000	5960
"	D 36	11500	3600	8050
"	D 46	14600	4600	9050
"	D 62	22320	6200	12880
"	D 80	29300	10700	16920
"	D 100	39060	10700	20380
Fac	1200	3125	1250	2965
"	1500	3750	1500	3280
"	3000	8750	3000	6000
Kobe	K 13	3700	1300	2900
"	K 25	7500	2500	5200
"	K 35	10500	3500	7500
"	K 45	13500	4500	10500
"	KB 45	13500	4500	11000
"	KB 60	16000	6000	15000
"	KB 80	22000	8000	20500
"	KB 150	39600	15000	36500
Mitsubishi	MH 15	3900	1500	3800
"	MH 25	6500	2500	6000
"	MH 35	9100	3500	8400
"	MH 45	11700	4500	11100

B. MAND DE OBRA.

Debido a la naturaleza de los trabajos de cimentación profunda se necesita que el personal aparte de conocer el equipo conzca el trabajo a realizar, por lo que necesariamente tiene que ser especializado. Dicho personal esta dividido en categorias de acuerdo a su actividad.

1.- Sobrestante. Se encarga de la coordinación de los trabajos en general, así como del control de suministros y equipo.

2.- Operador. Como su nombre lo indica se encarga de la operación y mantenimiento del equipo así como de la verificación del buen estado de los diferentes accesorios de cada equipo.

3.- Cabo. Este se encarga de auxiliar al operador en todas las labores de mantenimiento del equipo, así como de coordinar todas las maniobras y actividades en las que intervenga el equipo donde está asignado debiendo haber un cabo por cada equipo ya sea perforadora, nodriza o piloteadora.

4.- Maniobrista. El maniobrista presta su auxilio para realizar todas las actividades de la cimentación profunda como su experiencia y conocimiento son escasos es coordinado y dirigido por el personal de las tres categorías anteriores, siendo su contacto directo con el cabo.

C. PROCESO DE HINCADO.

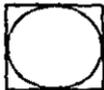
El hincado se debe realizar de manera que se garantice la integridad estructural del pilote y se alcance la integración con el suelo, para que el pilote cumpla su propósito.

El proceso de hincado de pilotes es muy diverso esto en función de las características de los pilotes, tanto físicas como de funcionamiento, el tipo de suelo que se ataque así como de la superficie sobre la que estamos trabajando. Esto último se considera si es sobre agua o en suelo firme.

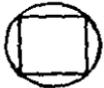
La clasificación principal es en función del suelo que se ataca, y son dos: si es en suelos cohesivos o en suelos granulares.

1.- Hincado en suelos cohesivos. Cuando las condiciones que se presenten así lo requieran lo primero a realizar es la perforación previa. Esta va a funcionar como guía del pilote, así como para facilitar su hincado.

Hay dos tipos de perforación: batidas y vaciadas, y a su vez inscritas y circunscritas. Y diferentes métodos para lograrlas, esto va a ir en función del proyecto y como se mencionó anteriormente de las condiciones físicas que existan. (figura IV.6)



perforación inscrita



perforación circunscrita

figura IV.6

Para iniciar la perforación, y cuando los pilotes son verticales hay que cuidar que la perforadora y su elemento de ataque estén verticales, para lo cual hay que plomearlas con dos plomadas, formando un ángulo de 90 grados y cuando sean inclinadas cuidar que su ángulo y el punto sean los indicados. (figura IV.7)

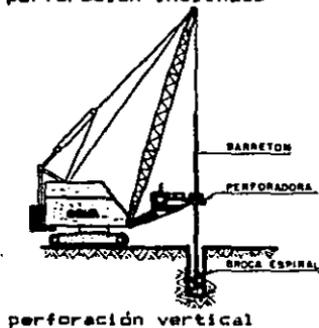
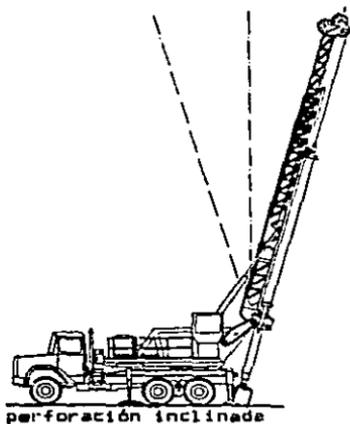


figura IV.7

a.- Perforación batida. En esta perforación como su nombre lo indica el suelo es batido o removido sin hacer extracción del mismo, solo se rompe su estructura temporalmente y puede ser inscrita, si el pilote va a trabajar a fricción y circunscrita si el pilote va a trabajar de punta principalmente. La perforación batida es llevada a cabo por perforadoras de barretón y rotación mecánica y como herramienta de ataque brocas.

La longitud de la perforación batida va a estar en función de las facilidades y problemas que haya en campo para el hincado de pilotes. (figura IV.8)

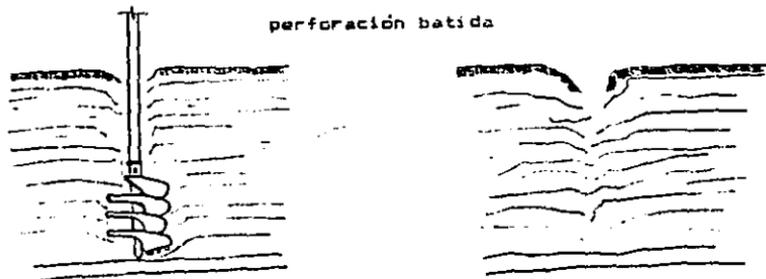


figura IV.8

b.- Perforación vaciada. En este caso se extrae todo el material de la perforación por medio de perforadoras de rotación mecánica y barretón, como herramienta de ataque se usan brocas y botes, al igual que en el caso anterior puede ser inscrita o circunscrita.

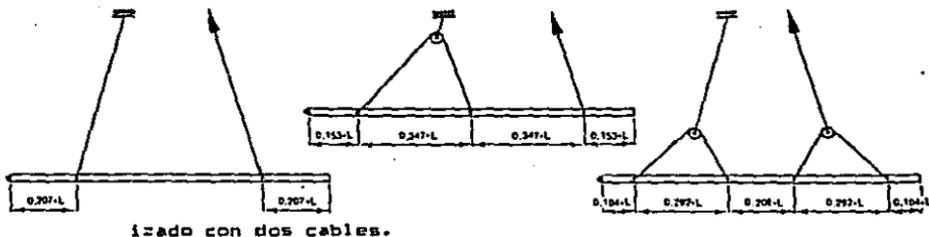
La longitud de las perforaciones vaciadas se realiza casi en la totalidad de la longitud de hincado, dejando de 0.5 m a 2.00 m sin vaciar, esto con el fin de alcanzar la cota de proyecto y en caso necesario garantizar el empotramiento. En algunas ocasiones y cuando la situación así lo exige las perforaciones se ademan con lodo bentonítico, en estos casos no es muy importante el control del mismo, pero no así en el uso general de la cimentación profunda, sobretodo en la fabricación de pilas, muro milán o cualquier elemento colado in situ. (figura IV.9)



figura IV.9

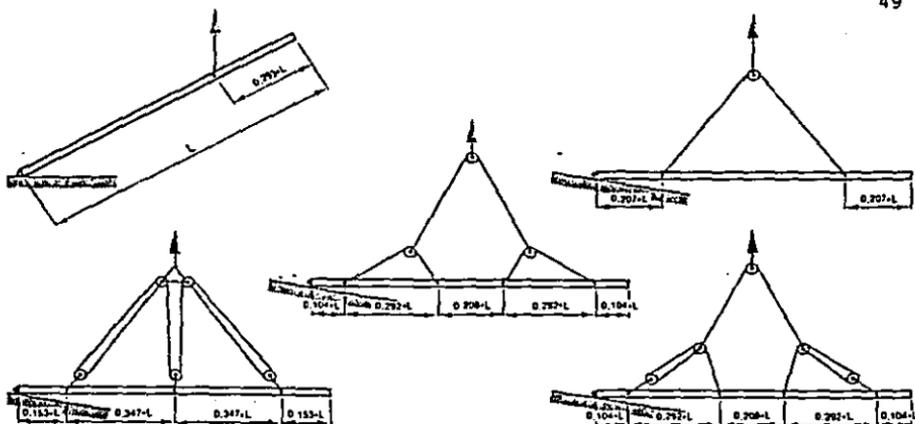
El objetivo principal de las perforaciones vaciadas es que los pilotes hincados desalojan un volumen de suelo igual a ellos mismos, lo que puede provocar elevación del terreno adyacente a la zona de hincado y provocar daño a las construcciones vecinas.

Una vez concluida la perforación se toma el pilote de la tonga, se coloca aparte para estrobarlo e izarlo y lanzarlo. En este movimiento hay que tener mucho cuidado, ya que el estrobado no se hace necesariamente en los sitios donde están sus orejas sino como se muestra en las figuras IV.10, IV.11, IV.12



izado con dos cables.

figura IV. 10

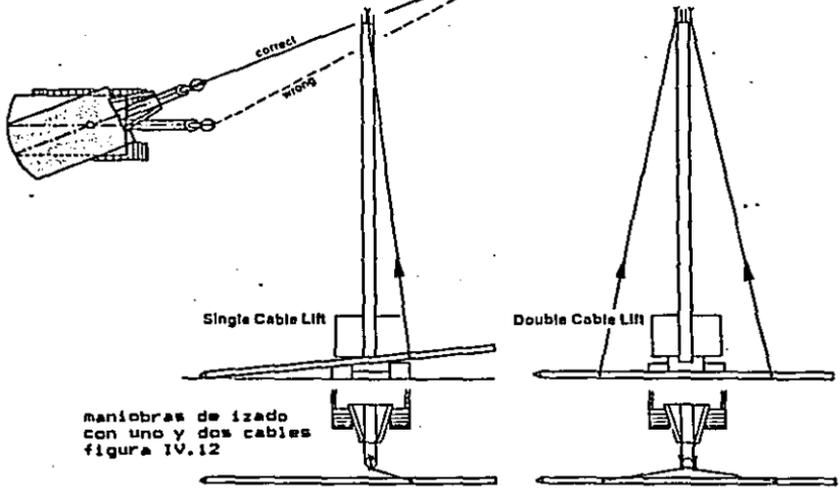
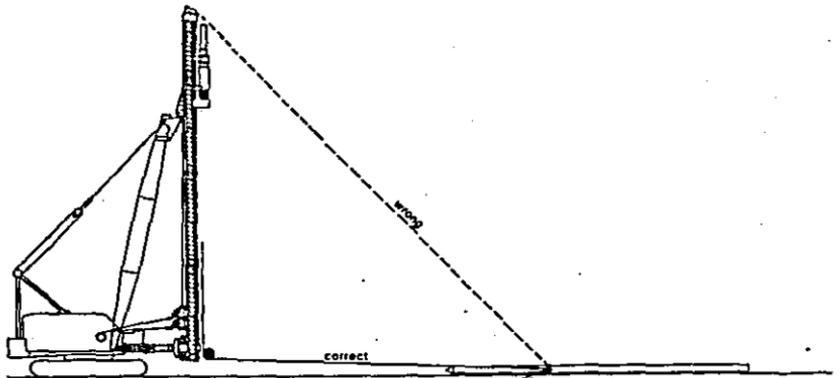


izado con un cable.

figura IV.11

Una vez que el pilote es lanzado dentro de la perforación si es de un solo tramo, se procederá a golpearlo ya sea para empotrarlo, o bien embeberlo en el material, pero si el pilote es de dos tramos o mas se procederá a tomar su parte complementaria y a unirlo. Dichas uniones se hacen por medio de juntas que se dejan preparadas desde que el pilote es fabricado. De estas juntas se han desarrollado muchas y muy variadas técnicas, aunque en el sentido práctico y de costo en México solo se acostumbra usar una que es el acoplar los dos tramos por medio de dos placas que se han dejado preparadas desde el colado y que van en la zona de unión de dos tramos, esta unión se hace por medio de soldadura (figuras IV.13 a IV.23)

Una vez terminada la unión, y de haber lanzado el pilote se procede a golpear el pilote. El martillo puede ser con gúfa fija, oscilante o colgado (figura IV.24), esto va a estar sujeto a las condiciones de la obra, ya que un equipo con gúfa fija es menos versátil que uno que no la tenga; con gúfa fija se tiene mas control sobre la vertical del pilote y en los casos en que no hay perforación previa es indispensable el uso de gúfa fija, o de diversos dispositivos que se han disenado para ello. Ya que el corregir la posición del pilote una vez iniciado el hincado a menudo da lugar a una flexión excesiva y daños en el pilote. (figura IV.25)



Sistema SM de unión por enchufe.

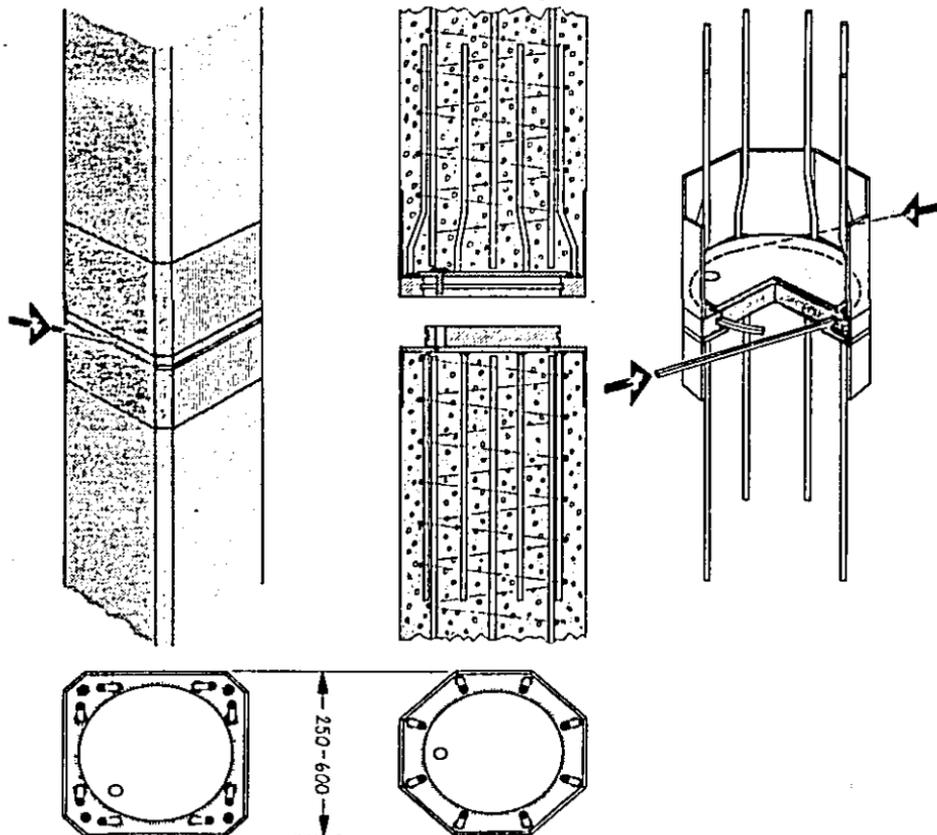


figura IV.13

Sistema Hercules, unión por bayoneta

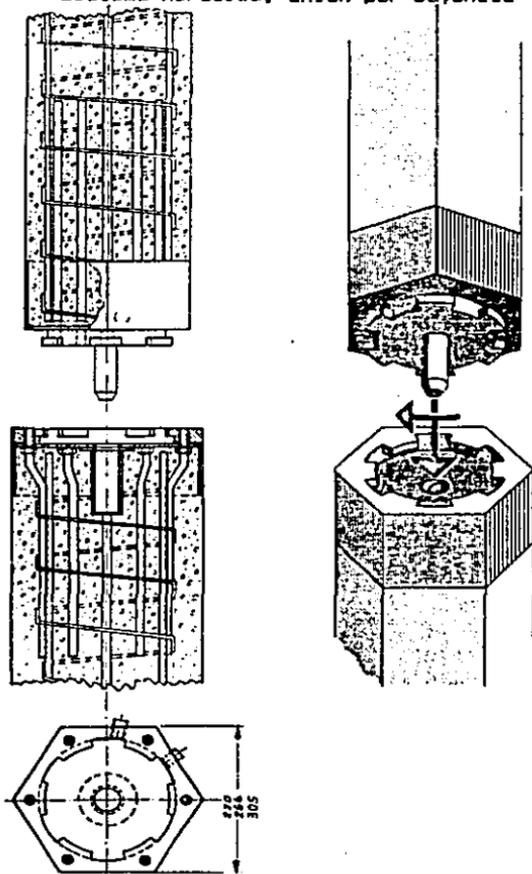


figura IV.14

Sistemas Svenska y Brynildsen, unión por tornillo

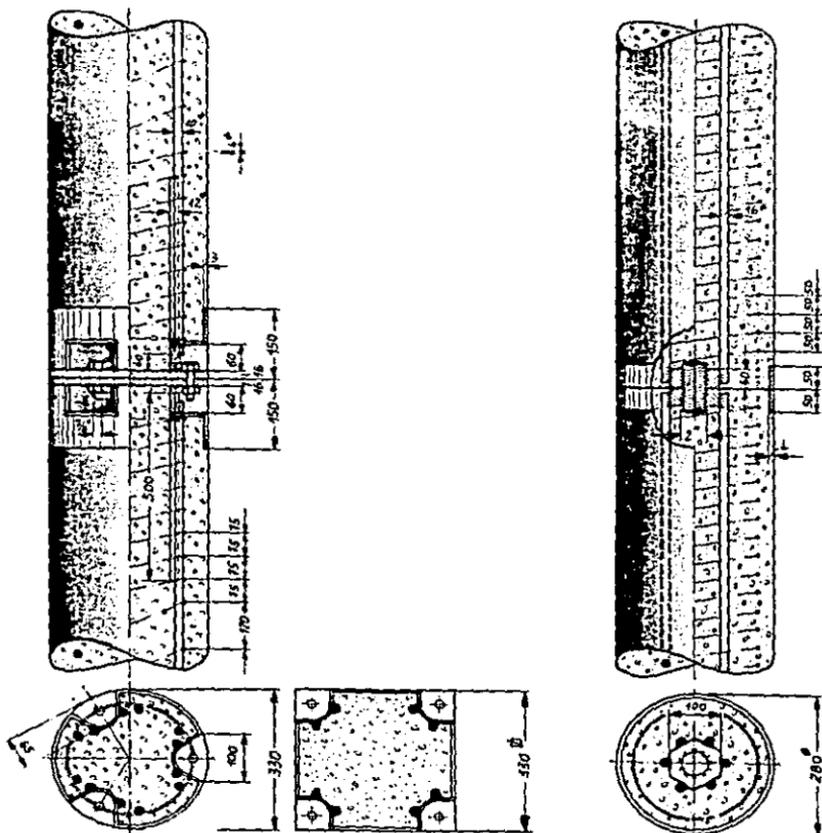


figura IV.15

Sistema A-Elementti Oy, unión por grapas

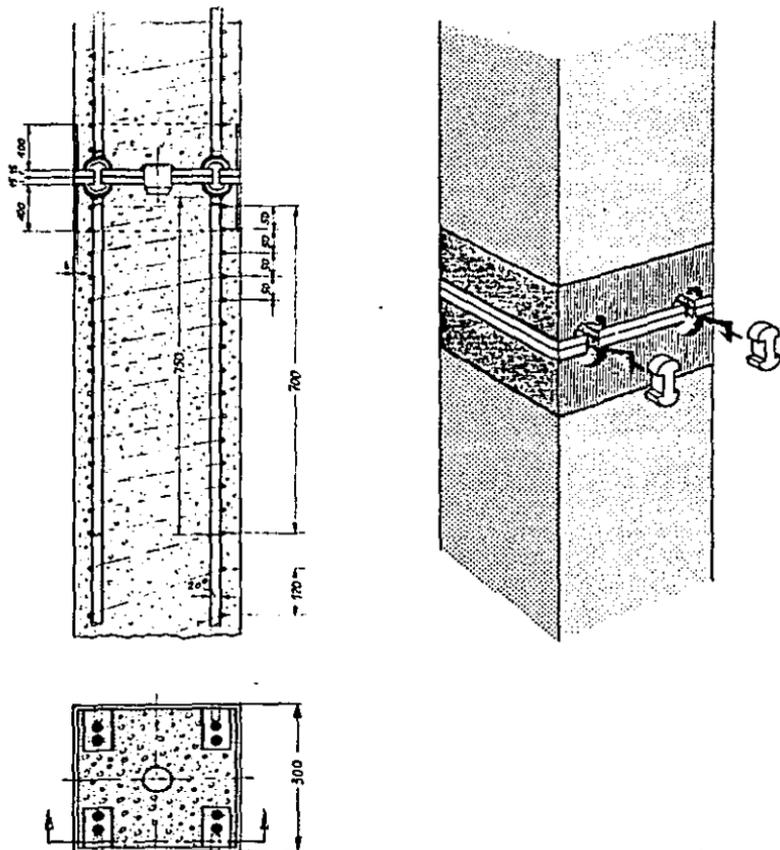


figura IV.16

Sistema West's Piling, unión por grapas.

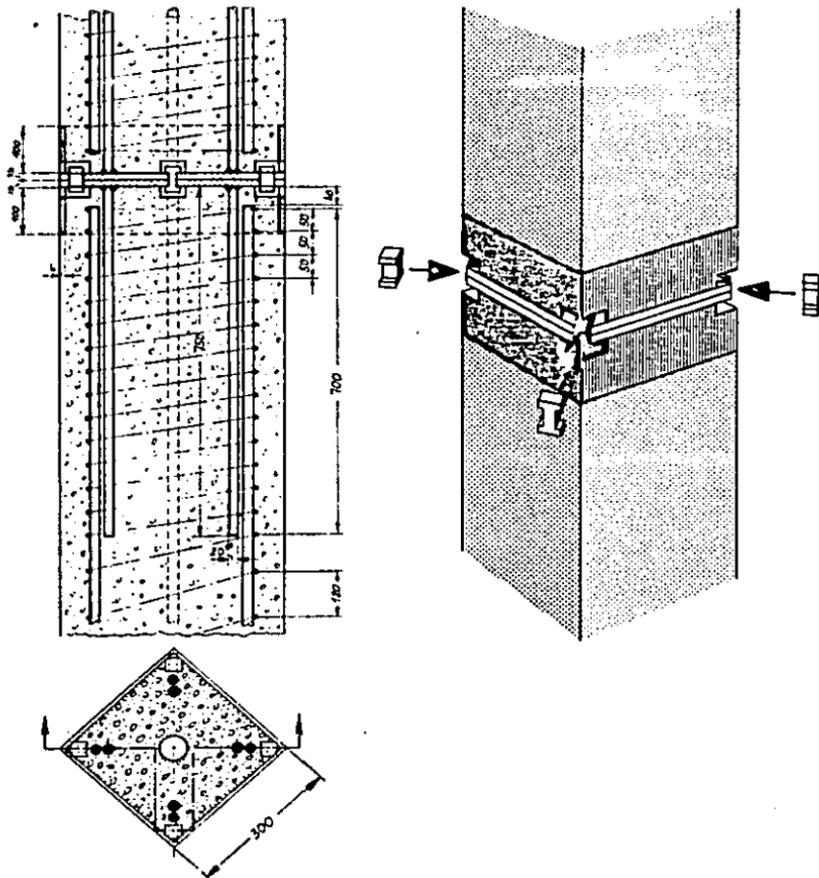


figura IV.17

Sistema Avelar. unión por soldadura

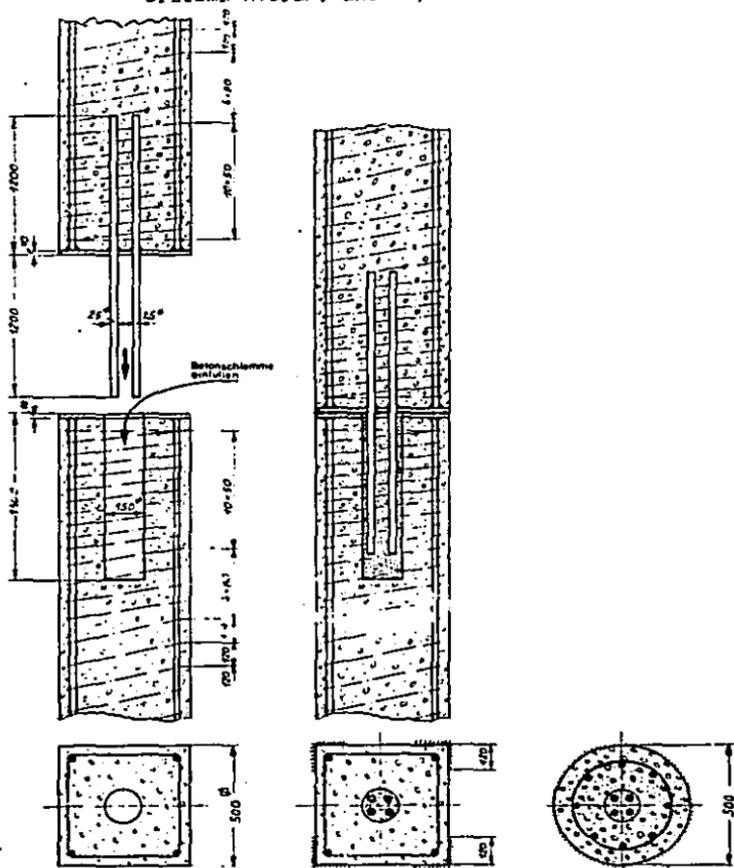
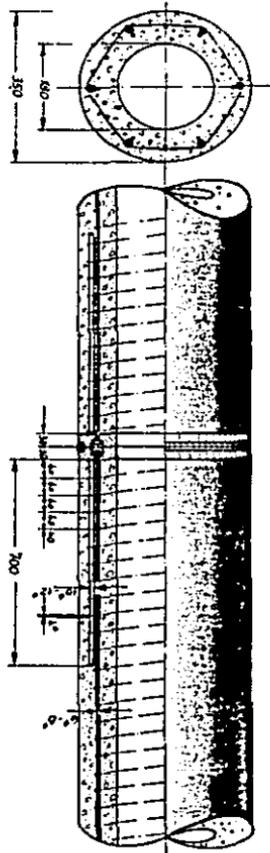


figura IV.19

Sistema NCS, unión por soldadura.



para tubos pretensados de
hormigón centrifugado

figura IV.20

Sistema AB Betongpalar, unión por chaveta.

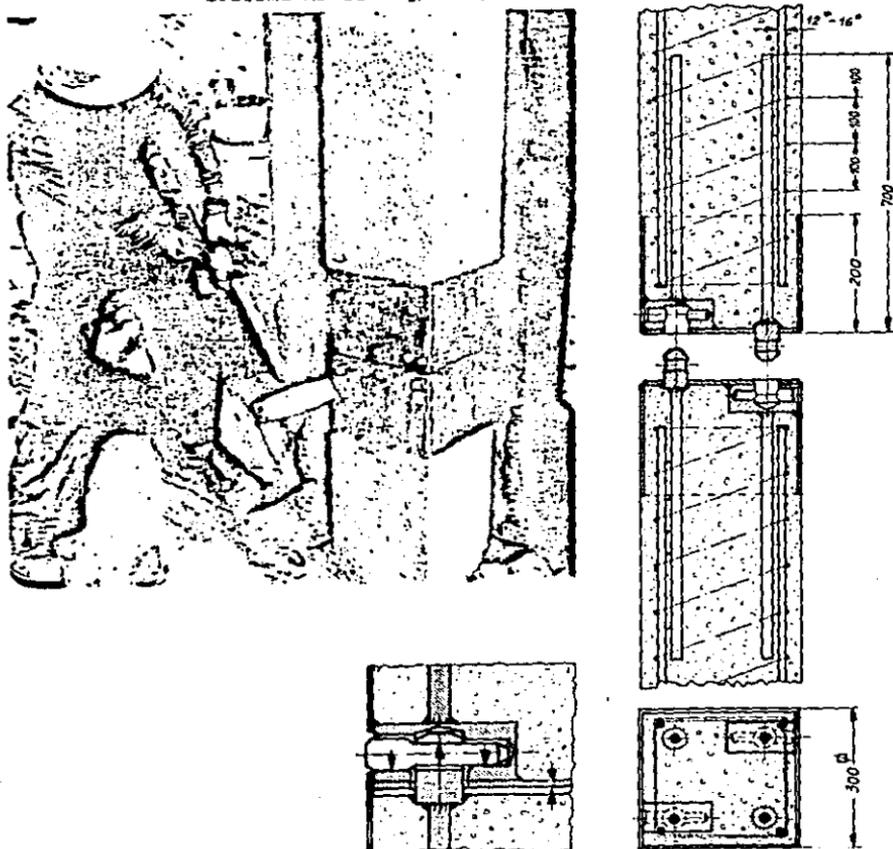


figura IV.21

Sistema de acoplamiento por enchufe

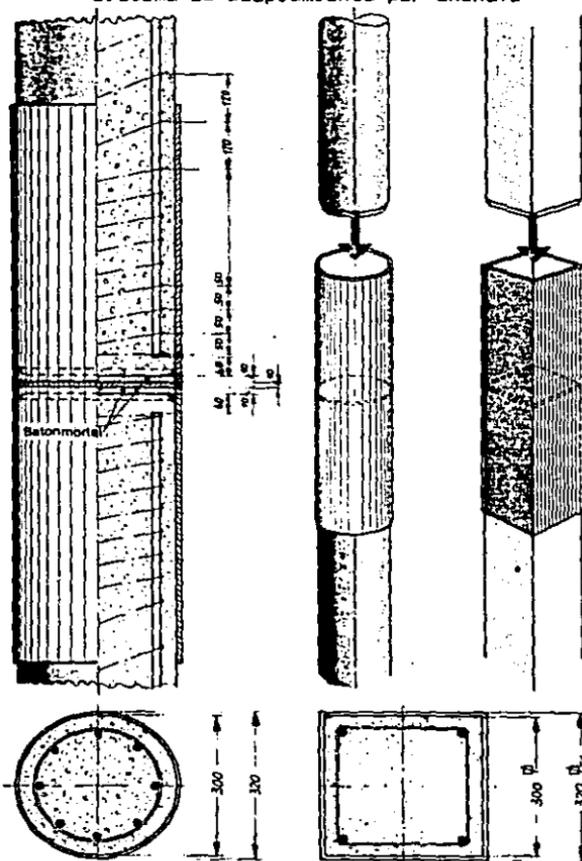


figura IV.22

Sistema West's Piling, unión por enchufe

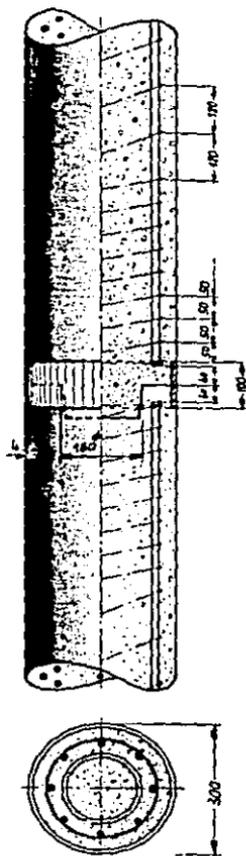
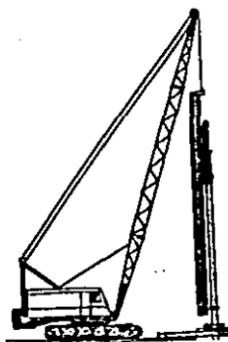
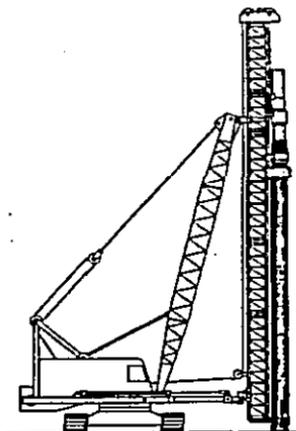
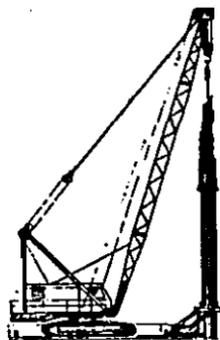


figura IV.23

Hincado del pilote usando
guía fija.



Hincado del pilote con
guía oscilante.



Hincado del pilote con
martillo colgado

figura IV.24

Diversos dispositivos para el hincado de pilotes sin perforación previa.

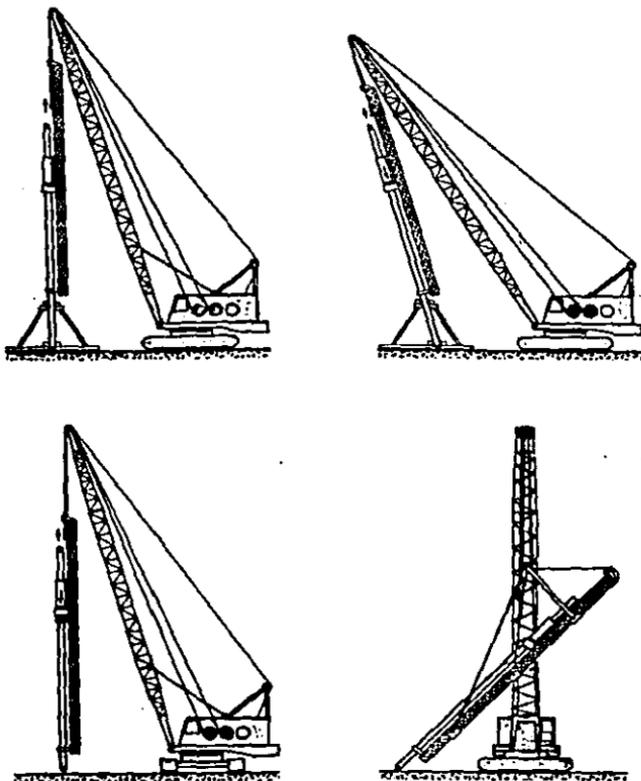


figura IV.25

El golpeo del pilote es un aspecto muy importante dentro del hincado de pilotes, ya que cuando los pilotes son de punta con el garantizamos el empotramiento. Para garantizarlo, se especifica que el pilote debe llegar al rebote, que es el hecho de que un pilote bajo un determinado número de golpes la mayoría de las veces 10 (una calda), debe bajar una determinada distancia o menos, lo cual indicaría que tiene el empotramiento indicado, no olvidando que debe existir una cota media congruente entre los pilotes. Cuando el pilote sea de fricción, le damos su cota de proyecto, en ambos casos hay que cuidar de no golpear de más ya que podemos poner en peligro tanto la integridad del pilote como su funcionamiento, lo que podría acarrear problemas adicionales muy importantes.

Hay que cuidar que la cabeza del pilote sea perpendicular al eje del pilote a fin de evitar una distribución no uniforme de las fuerzas de impacto. La cabeza del pilote debe estar protegida con un material de amortiguamiento, el cual en la mayoría de los casos es de madera dura.

2.- Hincado en suelos granulares. El hincado en suelos granulares, presenta dificultades mayores que en suelos cohesivos ya que no existe la variedad de opciones tanto de herramienta como de procedimientos constructivos que hay en suelos cohesivos.

Aquí hay dos maneras de lograrlo, la primera es con perforación previa y la segunda por medio del chifoneo, no es posible realizar el hincado del pilote sin cualquiera de estos dos métodos.

a.- Hincado con perforación previa. En suelos granulares la perforación previa solo puede ser vaciada, pudiendo ser inscrita o circunscrita, aunque definitivamente es mucho mas recomendable la segunda opción ya que con la inscrita se corren grandes riesgos de sufrir derrumbes y que por consiguiente la perforación se cierre. Estas perforaciones se hacen por medio de perforadoras de hélice continua, ya que tienen la capacidad de ir inyectando el lodo bentonítico por la punta al mismo tiempo de ir perforando el hecho de que auxilian en el sostenimiento de las paredes y sus bajas revoluciones de operación que evitan el provocar caídos. Su longitud al igual que en casos anteriores se va a determinar en campo en función de las condiciones existentes por lo general se deja una longitud de 1 a 3 m para realizar ahí el empotramiento.

Las perforaciones deben ser ademadas con bentonita, esta debe ser cuidadosamente elaborada, mas su control dentro de la perforación no es necesario.

En casos en los que se presentan lentes de suelo granular cementado, es posible y necesario que la perforación previa se realice con perforadoras de barratón y accionamiento mecánico, ya que solo éstas tendrán la capacidad suficiente para lograrlo.

Una vez terminada la perforación previa se procede a lanzar el pilote y a golpearlo, toaado en cuenta lo visto anteriormente.

b.- Chifloneo. La técnica del chifloneo surgió a raíz de las dificultades existentes cuando se trataba de hincar pilotes en el mar, ya que no era posible hacer uso de la bentonita, lo que provocaba que las perforaciones no se mantuvieran abiertas y que tubieran derrumbarse constantes, dejando atrapadas las herramientas de perforación y por consiguiente el acarreo de graves problemas.

Este método consiste en la aplicación de un "chorro" de agua a presión, que corre a lo largo de el pilote ya sea en su interior o bien por los lados, y que descarga en la punta del pilote el cual erosiona y transporta a la superficie parte de la arena, permitiendo el paso del pilote en ocasiones se le puede agregar inyección de aire a presión para facilitar que salga el agua, la inyección de agua se realiza por medio de bombas de gran capacidad que tienen que tener un gasto de 3000 a 5000 litros por minuto y una presión entre 10 y 50 kg/cm. (figura IV.26)

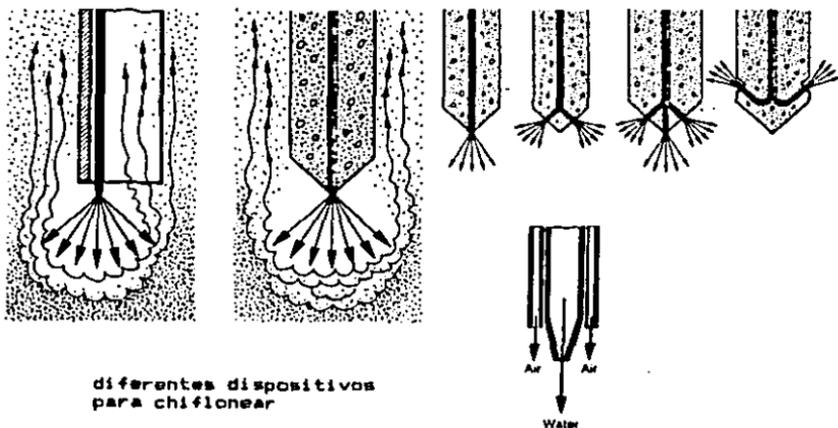


figura IV.26

El chifloneo es muy difícil de llevar a cabo en tierra firme, debido sobretodo al gran consumo de agua y que en la mayoría de los casos no se tiene o es muy caro disponer de ella.

Otro aspecto importante es el hecho de que no es posible emplear el chiflon en pilotes de mas de un tramo, ya que una vez iniciado el chifloneo no es posible pararlo ya que se corre el riesgo de que se tape. Muchos de los pilotes chifloneados y que tienen la salida directa tienen una protección en la punta la cual sirve para que no se tape la tubería.

En la mayoría de los casos el chifloneo se realiza en obras marinas para lo cual se usan implementos auxiliares como son el uso de chalanes de remolcadores, bombas de alta presión, equipo especial de transporte, generadores de energía eléctrica de gran capacidad etc., hay que tomar en cuenta que trabajar en obras marinas tiene problemas extras como son oleaje, corrientes marinas, vientos, puntos de apoyo auxiliar etc., que en tierra no se tienen.

3.- Hincado de pilotes mega. Los pilotes mega como se vio anteriormente se emplean en lugares de poco espacio, básicamente en recimentaciones. El hincado se hace a presión con un sistema hidráulico en cuyo marco de carga se van colocando los tramos de pilote uniéndose con su cable central o bien con varilla y en ambos casos vaciándose mortero o concreto con gran revenimiento, estos pilotes se usan para que trabajen de fricción o punta pudiendo ser de control. (figura IV.27)

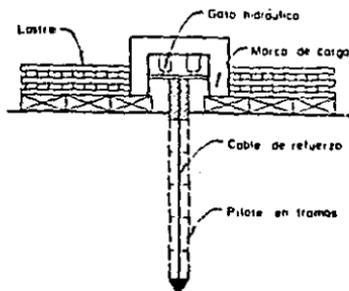


figura IV.27

D. DINAMICA DEL HINCADO DE PILOTES.

Un aspecto sumamente importante para el diseño de pilotes, y que no se toma en cuenta es su comportamiento durante el hincado.

La capacidad de un pilote de una longitud y dimensiones dadas, se determina por el suelo que lo rodea y en el que se apoya para proporcionarle fricción lateral y apoyo en la punta. A menos que se altere el suelo, la manera en que un pilote llega a su posición no tiene importancia.

La capacidad de un pilote de fricción, es igual a la adherencia por unidad de área de contacto entre el suelo y el pilote multiplicada por dicha área de contacto; esto casi no sufre alteración por pequeñas diferencias en cuanto a la longitud hincada o por la facilidad o dificultad con que se logre. Por otra parte, a menos que un pilote de punta pueda alcanzar un contacto adecuado o suficiente penetración (empotramiento) en el estrato resistente no puede desarrollarse la capacidad requerida. Un aumento en la penetración puede aumentar mucho la capacidad pero esto dependerá de la eficacia del procedimiento de hincado. Con todo esto un ingeniero no puede evitar considerar las implicaciones de la dinámica del hincado del pilote.

Una representación real de la dinámica del hincado de pilotes debe considerar la cadena de sucesos, que inicia con el golpeo del martillo. Debido a que la longitud de un pilote es siempre grande en comparación con su diámetro éste se comporta como una barra elástica, en la que los esfuerzos se mueven longitudinalmente como ondas, cuando éstas son de compresión hacen que el pilote penetre en el terreno; cuando el suelo es blando y el hincado fácil, la onda puede reflejarse hacia arriba como onda de tensión y si estos no son anulados por otros de compresión puede haber tensión neta corriendo el riesgo de agrietar el pilote. Por lo tanto el comportamiento de un pilote durante el hincado así como su capacidad estructural esta relacionado con la mecánica de transmisión de onda de esfuerzo dentro del pilote y si ésta está relacionada con la capacidad de carga estática del pilote, su conocimiento es útil para conocer dicha capacidad.

Para una barra prismática elástica, las ondas de esfuerzo se mueven axialmente a una velocidad:

$$C = \sqrt{E / P}$$

E = módulo de elasticidad del material.

P = densidad del material.

C = velocidad de propagación de onda.

Si:

$$P = p / g$$

p = peso específico del material.

g = aceleración de la gravedad.

Como podemos ver esta es una constante para un material sólido elástico dado, con el paso de una sola onda, el esfuerzo longitudinal en cualquier punto se va a relacionar con la velocidad (v) de la partícula:

$$V = E \cdot v / C = P \cdot C \cdot v$$

Y por lo tanto la fuerza transmitida a través de una sección será:

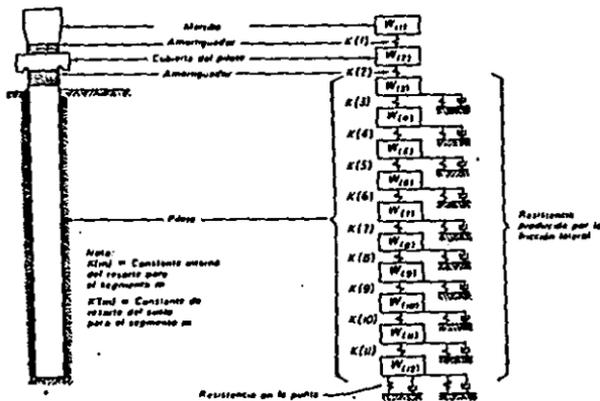
$$F = V \cdot A = P \cdot C \cdot v \cdot A$$

Como la " v " está en función de la posición y el tiempo, vemos que la facultad de la barra (pilote) para transmitir fuerza longitudinal es el producto $P \cdot C \cdot A$ que se conoce como impedancia del pilote. Esta es la medida de la capacidad del pilote para desarrollar el soporte requerido como consecuencia de estar hincado en el terreno, así en función de esto sabemos la máxima energía que le podemos aplicar a un pilote.

El suelo también juega un papel importante en el comportamiento del pilote durante el hincado, además de la resistencia de la punta, las fuerzas de fricción en el fuste pueden tener efectos importantes por lo cual se ha desarrollado un modelo teórico (figura IV.28) en el cual se supone que el pilote está compuesto por una serie de elementos cada uno con un peso W_n , conectado con resortes de rigideces k , la resistencia en el fuste del pilote que amortiguan las vibraciones se suponen de naturaleza viscoelástica, con una constante de resorte k' , así mismo la resistencia en la punta está también representada por un elemento viscoelástico. Así mismo también se representan los efectos del martillo y del golpeador.

Para un problema específico hay que tomar en cuenta la velocidad del martillo en el impacto así como los valores de pesos y rigideces, factor de amortiguamiento y resistencias aunque esta última es suficiente si se estima la que desarrolla en la punta y suponemos que la lateral se distribuye a lo largo del pilote.

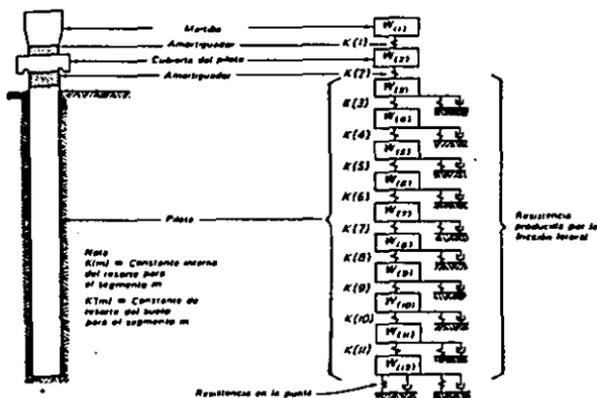
Por lo tanto podemos concluir que disponiendo de la ecuación de onda y de métodos de cálculo rápidos el proyectista puede concluir que los requisitos propuestos son compatibles con el tipo de pilote y otras condiciones que se especifiquen, así la elección del tipo de pilote se basa en las condiciones del subsuelo, las características de hincado, el comportamiento de la cimentación y la economía.



(grafica tomada de Ingeniería de Cimentaciones de R. B. Peck)

Pilote real y modelo mecánico ideal

Por lo tanto podemos concluir que disponiendo de la ecuación de onda y de métodos de cálculo rápidos el proyectista puede concluir que los requisitos propuestos son compatibles con el tipo de pilote y otras condiciones que se especifiquen, así la elección del tipo de pilote se basa en las condiciones del subsuelo, las características de hincado, el comportamiento de la cimentación y la economía.



(grafica tomada de Ingeniería de Cimentaciones de R. B. Peck)

Pilote real y modelo mecánico ideal

figura IV.26

V PRUEBA DE CARGA

Debido a que existe incertidumbre respecto al comportamiento del sistema piloto-suelo y la dificultad de definir el comportamiento de los suelos, nació la necesidad de hacer pruebas de carga a escala natural, e integrándose esto a la especialidad del pilotoador, ya que el tiene mas capacidad y habilidad para desarrollarla con lo cual los objetivos a perseguir en una prueba de carga son:

- conocer la capacidad de carga vertical.
- definir la longitud necesaria de los pilotes de fricción.
- conocer la capacidad de carga lateral.
- ensayar el tipo de pilote, las técnicas y equipo de hincado.

Para todo esto es necesario, simular las condiciones carga-tiempo, con las cuales trabajará.

Para la realización de las pruebas de carga, hay que seguir determinados lineamientos que podemos ordenar como sigue:

- definir los objetivos de la prueba.
- seleccionar el tipo de prueba.
- diseño de la prueba.
- fabricación e hincado del pilote.
- construcción y armado del sistema de reacción.
- instalación de la prueba.
- ejecución de la prueba.
- interpretación.
- informe.

Las pruebas de carga pueden ser:

Estática

Carga vertical	Carga lateral	Carga Combinada vertical y lateral
Compresión	Extracción	

Dinámica

Carga vertical

A. PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA.

En este tipo de prueba se trata de que el pilote se someta a una serie de cargas verticales simulando las de las estructuras, de éstas hay muchos tipos y procedimientos. Para fines prácticos veremos el de compresión y el tipo de prueba será de carga controlada, con velocidad de asentamiento mínima, al término de cada incremento de carga.

Aquí los incrementos de carga se aplican cuando el asentamiento se haya reducido a un valor mínimo preestablecido. Los incrementos de carga se acostumbra que sean del 25 % de la carga de diseño (Q_d). (figura V.1)

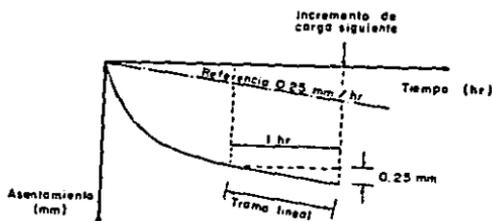
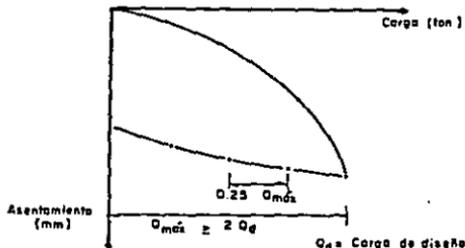


figura V.1

La carga máxima a la que se somete la prueba, debe ser por lo menos $2 \times Q_d$, que tenemos que mantener 2 hr para cuidar a la descarga que debe ser $0.25 Q_{max}$ @ 20 min, la recuperación se debe medir 5, 15 y 30 minutos después de haber retirado la carga, con verificaciones posteriores 2, 4, 8, 16 y 24 hr. Esta información se grafica de la siguiente manera: (figura V.2)

Gráfica carga-asentamiento.

figura V.2



En ocasiones y cuando tenemos intención de conocer la carga máxima ($Q_{m\acute{a}x}$), que puede soportar un pilote se aplican dos ciclos de carga. En el primero se aplica la carga vigilando que el asentamiento sea mínimo, una vez que ha alcanzado la carga total, se descarga. En el segundo ciclo se aplica una carga en incrementos de tiempo constantes hasta la carga alcanzada anteriormente, aquí continuamos con incrementos de carga constantes de $0.1 Q_d$ con el criterio de que la rapidez de asentamiento sea mínima, hasta definir la carga máxima; una vez alcanzada esta se mantiene 2 hr, y después se descarga con decrementos de $0.25 Q_{m\acute{a}x}$, para medir la recuperación del pilote con el mismo criterio anterior. (figura V.3)

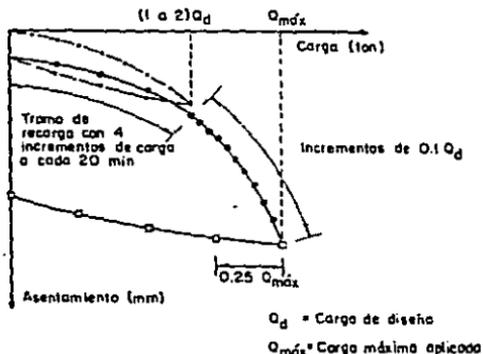


figura V.3

La instalación de la prueba de carga estática se diseña conforme al tipo de prueba que se pretenda, pero en todos los casos se pretende que de manera fácil y segura se alcance a desarrollar la carga y deformación proyectados, de manera confiable y que permita llevar un control y registro de información suficiente, para lo cual hay una diversidad de equipos y dispositivos. Siendo los elementos que la componen:

- sistema de reacción.
- equipo de aplicación de carga.
- dispositivos de medición.

1.- Sistemas de reacción. El sistema de reacción es un puente formado por una o varias vigas, que pueden recubrir lastre o bien tener sus extremos anclados con lo que se proporciona el apoyo necesario al equipo de carga. Hay que cuidar tanto su estabilidad como su seguridad. Los mas usados son:

a.- Plataforma con lastre. Está compuesta por vigas de acero que soportan el lastre. Durante su instalación se apoya en dos soportes laterales que sirven como elementos de seguridad durante su ejecución ya que se corre el riesgo de que haya volteo por lo cual las lecturas deben tomarse fuera de la plataforma de lastre. (figura V.5)

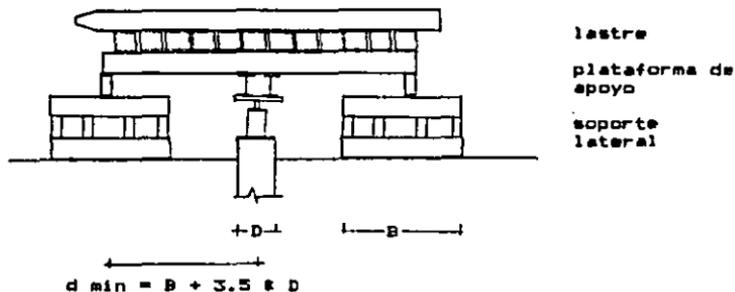


figura V.4

b.- Pilotes de anclaje. Se usan de 2 a 4 pilotes de anclaje, en función de la carga a aplicar. Aquí se ancla la viga de reacción a dichos pilotes. La separación mínima es de 5 diámetros y hay que tener especial cuidado en la realización del anclaje para evitar cualquier falla. (figura V.5)

c.- Viguetas de anclaje. Este sistema consiste en hincar viguetas por pares y simétricamente a los lados del pilote, uniéndose a la viga de reacción por medio de perfiles laminados. Estas viguetas suelen ser de 6 a 7 m y variando de 4 a 24 viguetas, para cargas de 100 a 600 toneladas. (figura V.6)

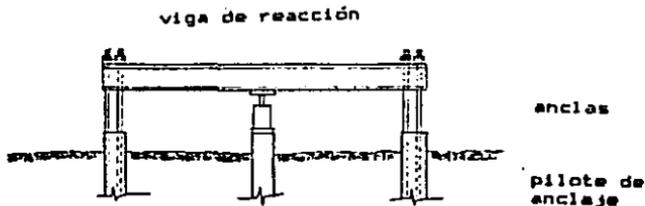


figura V.5

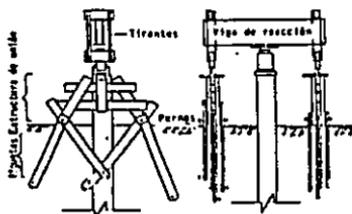


figura V.6

2.- Equipo de aplicación de carga. Para la aplicación de la carga se hace uso de gatos hidráulicos de varias capacidades (100 a 500 toneladas), son accionados por bombas ya sea manuales o eléctricas con lo que tenemos un control sobre la carga. En ocasiones se emplean varios gatos interconectados todos en un sistema hidráulico controlado.

3.- Dispositivos de medición. En una prueba de carga, se necesita medir sus condiciones de realización, siendo los aspectos mas importantes: la carga, la deformación y el tiempo.

Para la primera condición hay dos opciones: En la primera se usan manómetros calibrados instalados o bien en el gato, o en cualquier punto del sistema hidráulico, con lo cual obtendremos la carga aplicada. La segunda opción es el usar una celda electrónica, que consiste en un cilindro de acero instrumentados con un deformímetro (strain-gages) eléctrico, que debe protegerse contra la humedad y los cambios de temperatura.

La deformación de los pilotes se debe medir de manera confiable, para lo cual se han ideado varios sistemas, el mas usado es el de hacer la medición por medio de micrómetros, que están sujetos a un marco de referencia fijo, el cual debe tener una protección térmica. Los micrometros estan apoyados a los pilotes por medio de unas placas de apoyo pulidas o bien de acabado espejo, para evitar que un eventual giro del pilote no lo afecte.

Otros sistemas de referencia, que se recomienda se empleen como auxiliares son tener un nivel topográfico de referencia, o bien una escala de referencia integrada al pilote con un cable auxiliar.

B. PRUEBA DE CARGA DINAMICA.

En estas pruebas se determina la capacidad de carga de los pilotes, que en estos casos se iguala a la del suelo. Hay muchas fórmulas todas ellas aproximadas, pero que en realidad no nos aseguran la carga máxima que soporta el pilote, sino la carga mínima, y esto de manera aproximada, para lo cual hay que tener en cuenta elementos auxiliares que en este caso son los estudios de mecánica de suelos, y las mediciones en campo para darles una interpretación adecuada.

Todo esto tiene origen en la idea que la energía que se transmite al pilote por el martillo, es la energía necesaria para comprimir el pilote y el suelo, mas la energía que se necesita para la penetración del mismo.

sabemos que:

$$E = P \cdot h$$

E = energía aplicada por el martillo (kg m)

P = peso del pistón (kg)

h = altura de caída del pistón (m)

Tomando en consideración el enunciado anterior:

$$E \ S \ P / (P + Q) = W \ S \ C \ S \ L + W \ S \ S$$

D = peso del pilote (kg)
 W = resistencia a la penetración del suelo (ton)
 C = factor de elasticidad del pilote y suelo para un metro de longitud del pilote (mm)
 L = longitud del pilote (m)
 S = penetración media permanente por golpes resultando de los últimos 10 golpes (caída) (mm)

De aquí obtenemos:

$$E \ S \ P / (P + Q) = W \ S \ (C \ S \ L + S)$$

Quando hacemos el hincado del pilote conocemos todos los factores menos W, por lo que despejando tenemos:

$$W = E \ S \ P / (P + Q) \ S \ (C \ S \ L + S)$$

El producto $C \ S \ L$ es un término sustituto ya que antes de iniciar la obra no sabemos cual es el valor de la elasticidad media ($f / 2$), pero en la prueba de carga se obtendrá y se comparará con el valor $C \ S \ L$ y en caso de que no concuerde, este tendrá que ser sustituido. Para pilotes de concreto, el valor de C es igual al

$$C = 0.3$$

Para medir la elasticidad a mano, hay que colocar un papel sobre el pilote y hacerlo recorrer de izquierda a derecha, durante la última caída, lo que obtendremos será lo siguiente: (figura V.7, V.8)

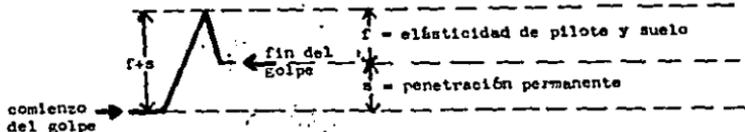


figura V.7

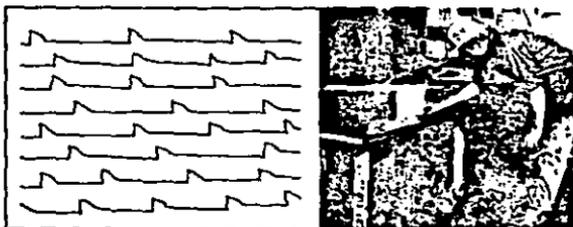


figura V.8

Una vez terminada esta prueba, podemos saber cual es el valor real de W .

$$W = E \cdot P / (P + D) \cdot (f / 2 + S)$$

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

CONCLUSIONES

Como conclusión del presente trabajo, y habiendo visto lo complejo que puede llegar a ser la fabricación y el hincado de pilotes precolados exponemos los siguientes puntos:

1.- No hay en la actualidad, concordancia entre diseñadores y constructores. En muchas ocasiones los proyectos son imposibles de realizar, (basta mencionar que a la fecha nos a tocado ver proyectos que piden pilotes chifloneados, compuestos de 2 y hasta 3 tramos, proyectos que solicitan el colocar plantillas para el desplante de pilas a una profundidad de 6 m bajo el nivel de aguas freáticas, etc.) por lo cual es necesario que haya una mayor comunicación entre constructores y proyectistas.

2.- En la actualidad bajo muy raras excepciones no hay conocimiento ni estudios publicados referentes al curado a vapor de pilotes precolados. En el presente trabajo establecemos parámetros límite, que si nos encontramos fuera de ellos seguramente el curado a vapor sería deficiente, lo que obliga a mantenernos dentro de ellos, mas no nos asegura que el curado funcione, sino que hay que diseñar el curado para cada obra procurando auxiliarnos de experiencia en obra, por lo que estableceremos que es necesario la investigación en el proceso de curado a vapor.

3.- Sabemos a ciencia cierta, que nuestro país tiene bastante atraso tecnológico, pero este saber no nos debe llevar a un conformismo, sino al hecho de que tenemos que mejorar en toda nuestra técnica. El avance en los países desarrollados radica en el hecho de que sus proyectistas conocen bien los problemas y condiciones de construcción, por lo que sus proyectos, no presentan problemas de ejecución. Nosotros debemos procurar una mayor comunicación entre proyectistas y constructores, con el fin de que los primeros conozcan mejor las condiciones de trabajo.

4.- Anteriormente planteamos la deficiente comunicación entre el proyectista y el constructor, ahora debemos plantear el hecho de que en la mayoría de los casos, la supervisión suele ser correctiva y no preventiva, esto es consecuencia del poco conocimiento por parte de la supervisión y del hecho innegable que para ser un buen supervisor, se tuvo que ser un buen constructor, ya que es imposible pretender ser un buen supervisor si no se conoce lo que se construye.

5.- Siendo la ingeniería civil tan extensa y abarcar un gran número de especialidades, hay que tomar en consideración la posible conveniencia de que existan especialidades dentro del estudio de la licenciatura, ya que en la mayoría de los casos un alumno al final sabe un poco de todo y nada de algo. Cabría pues plantearse la posibilidad de que al igual que ocurre con los médicos, los ingenieros civiles se especializaran en un área determinada, la cual llegarán a dominar, lo que traería un beneficio tanto personal como colectivo y en consecuencia para el bien de México.

BIBLIOGRAFIA

- Ingeniería de cimentaciones.
Ralph B. Peck, Walter E. Hanson, Thomas H. Thornburn.
editorial Limusa 2a edición 1983.
- Mecánica de suelos.
Juarez Badillo, Rico Rodriguez.
editorial Limusa 2a edición 1982.
- La torre Latinoamericana.
Luis Cuevas Barajas, Adolfo Zeevaert Wiechers 1983.
- Los pilotes en cimentaciones profundas de la ciudad de México.
Estanislao Tovilla Cortazar.
- Curado acelerado del concreto a presión atmosférica.
C. E. Lovewell, J. H. Weeks, R. J. Shultz.
- Estudio de suelos y cimentaciones en la industria de la construcción.
Gordon A. Fletcher, Vernon A. Smoots.
editorial Limusa 1987.
- Cimientos profundos colados en sitio.
Sociedad mexicana de mecánica de suelos 1976.
- XII Reunion nacional de mecánica de suelos.
Querétaro 1981 SMMS.
- Revista mexicana de la construcción.
CNIC diciembre 1987.
- Manual del residente de cimentación profunda.
CNIC 1987.
- Manual de diseño y construcción de pilas y pilotes.
SMMS 1983.

CATALOGOS

- FMC, Link Belt.
- Delmag.
- International Foundation Company LTD (vibro).

- SOILMEC.
- Watson.
- Fundation Equipment Corp. FEC.
- Calweld.
- E-Z Bore inc.
- Casagrande.
- Sanwa Kizaki Co., LTD.
- Kobe Steel, LTD.
- BSP. Internationa Fundation Limited.