

2006

Manual teórico-práctico de cimentaciones profundas

Georgios Vavaroutsos Perez
Universidad de La Salle, Bogotá

Alexis Toro Valencia
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil



Part of the [Civil Engineering Commons](#)

Citación recomendada

Vavaroutsos Perez, G., & Toro Valencia, A. (2006). Manual teórico-práctico de cimentaciones profundas. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/206

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Civil by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**MANUAL TEÓRICO – PRÁCTICO DE
CIMENTACIONES PROFUNDAS**

**GEORGIOS VAVAROUTSOS PEREZ
ALEXIS TORO VALENCIA**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2006**

**MANUAL TEÓRICO – PRÁCTICO DE
CIMENTACIONES PROFUNDAS**

**GEORGIOS VAVAROUTSOS PEREZ
ALEXIS TORO VALENCIA**

Trabajo de grado presentado como
requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil

**Director Temático
ING. MANUEL ANTONIO TOBITO C.**

**Asesora Metodológica
MAG. ROSA AMPARO RUIZ S.**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2006**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a:

Al Ingeniero Héctor Vega Decano de la facultad de Ingeniería Civil, por habernos acompañado en este proceso de formación académica durante toda la carrera y por habernos apoyado y dado ánimo durante el proceso de elaboración de este documento.

Al Ingeniero Manuel Antonio Tobito, por ser la persona que nos apoyó y guió durante el desarrollo de este documento. Gracias por todo el tiempo dedicado.

A Mag. Rosa Amparo Ruiz S, por la paciencia, dedicación, apoyo y por sus conocimientos brindados a este grupo de trabajo ya que sin esto, éste trabajo no sería el mismo.

Al Doctor Roberto Galante, por permitir que este proyecto se elaborara, ya que nos facilitó las herramientas y conocimientos sobre el tema principal del trabajo de grado.

DEDICATORIA

Esta dedicatoria, es para las personas que más amo en la vida, mis padres y mi novia.

A mis padres Konstantinos Vavaroutsos y Amparo Pérez les doy gracias por haber sido mi apoyo incondicional siempre, durante todo el proceso de formación en la Universidad y también como persona. Es gracias a sus esfuerzos y sacrificios que tuve una excelente educación y finalmente cumpla uno de mis sueños, el de ser, Ingeniero Civil y el de poder ser, una persona íntegra. Gracias también por su paciencia y comprensión en todo momento e igualmente a toda mi familia porque fueron una parte muy importante en la realización de éste sueño.

Esta tesis también quiero dedicarla a mi novia Maria Ximena Parra, que fue la persona que durante 5 años me brindó su amor y apoyo incondicional, lo cual se necesita para salir adelante no solo en la Universidad sino también en la vida diaria. Gracias por estar presente en mi vida, gracias por compartir mis días en la Universidad y en ésta ciudad. Este es el primer sueño que cumpla y espero que hagas parte del resto que espero cumplir a tu lado, nunca te olvidaré.

Gracias también a mis amigos y compañeros que siempre estuvieron a mi lado.

Los amo mucho.

GEORGIOS VAVAROUTSOS PEREZ

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo y empeño a las personas más importantes de mi vida, Manuel Santiago, Juan Andrés y Andrea que han sido el motor y la fuente de inspiración para iniciar cada día. Especialmente dedico este proyecto a mis padres que han sido partícipes de todas las decisiones importantes que he tomado y que me han hecho un mejor ser humano.

En general aquellas personas que de alguna u otra forma, estuvieron allí e hicieron parte de este triunfo.

ALEXIS TORO VALENCIA

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN A LAS CIMENTACIONES PROFUNDAS.....	8
2.	CIMENTACIONES PROFUNDAS.....	10
2.1	PILOTES	10
2.2	TIPOS DE PILOTES.....	11
2.2.1	Pilotes de madera.....	11
2.2.2	Pilotes de hormigón.....	12
2.2.3	Pilotes de acero.....	12
2.2.4	Pilotes Pre-Excavados	13
2.2.5	Pilotes Hincados	13
2.3	BARRETES.....	14
2.4	MUROS PANTALLA.....	14
3.	PASOS A TENER EN CUENTA AL INICIO DE UNA OBRA	15
4.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	19
4.1	UBICACIÓN DEL PRE – HUECO O VIGA GUIA	19
4.2	UBICACIÓN DE LA MÁQUINA.....	23
4.3	PERFORACIÓN DEL ELEMENTO	29
4.4	UBICACIÓN DE LA CANASTA Y COLOCACIÓN	31
4.5	TUBERIA TREMI	35
4.6	FUNDICIÓN	39
4.7	EXPANSIÓN DEL CONCRETO	42
4.8	LODOS ESTABILIZANTES.....	43
4.9	CONCRETO TREMI	48
5.	CONCLUSIONES.....	49
6.	RECOMENDACIONES	50
7.	BIBLIOGRAFIA.....	52

MANUAL TEÓRICO – PRÁCTICO DE CIMENTACIONES PROFUNDAS

1. INTRODUCCIÓN A LAS CIMENTACIONES PROFUNDAS

Existen dos tipos de cimentaciones: Superficiales y Profundas. Las cimentaciones superficiales son las que se conocen como zapatas, las cuales pueden ser continuas o corridas, placas macizas o aligeradas y en la mayoría de los casos, este tipo de excavación es realizada manualmente, es decir, por obreros. Lo que las diferencia de las profundas son los elementos estructurales que se utilizan tales como los pilotes que pueden ser pre-excavados o hincados, barretes, muros pantallas, y la utilización de maquinaria para hacer la perforación, a excepción de los Caisson, los cuales son elementos estructurales que se trabajan con laboreo.

Para las cimentaciones profundas se utilizan diferentes elementos estructurales y cada uno de éstos depende del tipo y características de suelo que se encuentre y de la maquinaria y presupuesto que disponga cada empresa de cimentación.

En Colombia, los suelos que se encuentran son muy variables, por esta razón el estudio de suelo es indispensable. En la zona de Bogotá la mayoría de los suelos de la sabana son muy cambiantes, ya que son suelos transportados y la mayoría es depósito lacustre, calificados según las NSR-98 de acuerdo a la velocidad de onda a través del suelo. Por tal motivo se hace necesario que el Ingeniero, tenga un conocimiento de los materiales presentes durante la excavación y las propiedades que estos poseen, claro está que esto se adquiere con la experiencia o parcialmente en libros.

En el momento de iniciar las perforaciones con la maquinaria, se debe contar con el estudio de suelo para dicha obra, indicando el estrato donde se debe apoyar el elemento estructural ya sea que trabaje por punta o por fricción.

El estudio de suelos da los parámetros para la elaboración del elemento a fundir, teniendo en cuenta que todos estos elementos son pre-excavados y fundidos en el sitio.

Para poder realizar las cimentaciones profundas se deben tener en cuenta una serie de procedimientos y cuidados, los cuales serán mencionados más adelante, así como la maquinaria a utilizar, sus procesos de construcción, las recomendaciones y la seguridad industrial para llevar a cabo dichas actividades. Este manual se ha diseñado con el fin de que el alumno y el ingeniero recién egresado, tenga una visión más clara y detallada de cada una de las actividades que hacen parte de este proceso.

Ya que la cimentación es el principio de cualquier obra civil, es importante que el Ingeniero se concientice que no sólo debe materializar proyectos civiles, sino también, debe pensar en las personas que van a hacer uso de ellos, con la finalidad de sustentar estructuras que garanticen la vida y la estabilidad tanto de la estructura como de las personas, evitando así daños a los materiales estructurales y no estructurales.

2. CIMENTACIONES PROFUNDAS

Estas son algunas de las preguntas más comunes que surgen entre los estudiantes, y es por esta razón que se debe entender y conocer el concepto básico de pilotaje.

2.1 PILOTES

¿Qué es un pilote?

Pilote es un elemento estructural con un área de sección transversal pequeña comparada con su longitud; su construcción se realiza por medio de una piloteadora que tiene un Martinete, Kelly o un Vibrador. Su función principal es transmitir las cargas de la superestructura al suelo con el fin de soportar el peso de la misma, teniendo en cuenta que esto debe hacerse a una profundidad indicada, según el estudio de suelos.

¿Cómo trabaja?

Los pilotes trabajan por fricción y por punta. Su forma de trabajo la define el tipo de suelo, sus condiciones, características y estratos que se encuentren en la zona del proyecto, además del concepto dado por los ingenieros calculistas y los suelistas.

Para que un pilote trabaje por fricción se debe emplear una longitud efectiva la cual es definida por los ingenieros diseñadores, ésta longitud va en función del diámetro del mismo, del tipo de suelo y profundidad a la cual se van a transmitir las cargas; un pilote de fricción adquiere su capacidad de carga principalmente del

suelo que lo rodea, por la resistencia al corte que se desarrolla entre el suelo y el pilote.

Por otro lado el pilote que trabaja por punta, es por que la mayor parte de los cargas se están apoyando sobre un estrato rocoso y una muy pequeña porción de estas cargas es soportada por el fuste, la cual se adquiere por el suelo que lo rodea.

¿Cuál es su función?

La función del pilote es proporcionar un soporte adecuado transmitiendo las cargas de la superestructura a materiales más adecuados a mayor profundidad, esto se presenta cuando el suelo situado al nivel en que normalmente se fundiría una zapata o una losa de cimentación, es demasiado débil o compresible.

2.2 TIPOS DE PILOTES

Hay gran variedad de pilotes en cuanto a tamaño, forma y materiales de acuerdo a las especificaciones del proyecto y al presupuesto del mismo. Por tal motivo encontramos los siguientes tipos de pilotes:

2.2.1 Pilotes de madera

Probablemente los pilotes de madera son los más utilizados ya que proporcionan cimentaciones seguras y económicas. Este tipo de pilote presenta algunas limitaciones:

- No soportan los esfuerzos debidos a un fuerte hincado, ocasionando roturas en el material.
- No pueden penetrar estratos de suelos duros.
- Están sujetos a deteriorarse por encima de la zona de saturación del suelo y pueden ser atacados por insectos como las termitas.

La vida útil de ese tipo de pilote puede extenderse empleando aditivos, que incrementarían el costo del proyecto.

2.2.2 Pilotes de hormigón

Los pilotes de hormigón pueden dividirse en dos categorías principales, fundidos in-situ y prefabricados. Los fundidos in situ pueden subdividirse en pilotes con y sin ademe.

- El hormigón de un pilote con ademe se cuela dentro de un molde, que usualmente consiste en un forro de metal o tubo delgado que se deja en el terreno, éste debe tener la resistencia suficiente para que no sufra colapso bajo la presión del terreno que lo rodea antes de que se llene con hormigón.
- La supresión del ademe o forro reduce el costo de los materiales que se utilizan en el pilote, por lo tanto hay incentivos económicos en el desarrollo de pilotes sin ademe.
- Los pilotes prefabricados de hormigón se hacen de muchas formas. Un tipo muy usado comúnmente para los caballetes de los puentes, y ocasionalmente en los edificios, es de sección cuadrada, armado en su interior y acabado en punta, para facilitar así su hincado.
- Como la mayor parte de los pilotes de hormigón pueden hincarse hasta alcanzar una alta resistencia sin daño, usualmente es posible asignarles mayores cargas admisibles que a los pilotes de madera.

2.2.3 Pilotes de acero

Se utilizan tubos de acero, que usualmente se llenan de hormigón después de hincados, y los perfiles en H cuando las condiciones requieren un hincado violento, longitudes extremadamente grandes o cargas de trabajo elevadas.

Los pilotes de acero están sujetos a la corrosión. El deterioro es usualmente insignificante, si todo el pilote esta enterrado en una formación natural, pero puede



ser intenso en algunos rellenos debido al oxígeno atrapado. Si los pilotes se prolongan hasta el nivel del terreno, o más arriba del mismo, serán vulnerables, una buena defensa para el acero es recubrir las zonas vulnerables con hormigón.

De acuerdo a los materiales anteriormente nombrados, también se distinguen los pilotes por la forma de ejecutarlos es decir por el método constructivo.

2.2.4 Pilotes Pre-Excavados

Es un elemento estructural en el cual se realiza una excavación previa mediante máquinas piloteadoras hasta el nivel especificado por el estudio de suelos, el cual nos indica el estrato donde se va a apoyar el pilote y donde se van a distribuir las cargas de la superestructura. Para la estabilización de las paredes de la excavación se utiliza polímetro o bentonita, cuando se llega al estrato deseado se introduce la canasta de refuerzo y posteriormente se introduce el concreto por medio de la tubería tremi.

Los materiales que conforman el pilote son:

-  El concreto
-  El acero de refuerzo, canasta o armadura

2.2.5 Pilotes Hincados

Son elementos que se introducen sobre el terreno mediante hincado por percusión (Golpes) sobre la cabeza del pilote hasta lograr la profundidad requerida, también se realiza la hincada de pilotes por medio de vibración. Los materiales que componen este tipo de elementos debido a los grandes impactos que estos reciben por la acción del hincado, es acero con perfiles en H o en I que son los más usuales, aunque se realizan pilotes de madera, hormigón armado o pretensado.

Según la hincada de estos pilotes se hace necesario un control por medio de dispositivos que garanticen la centricidad del golpe y la masa del martillo, para así proteger el elemento evitando su rotura.

2.3 BARRETES

También son elementos estructurales que transmiten las cargas de la superestructura a un suelo óptimo previamente seleccionado por el estudio de suelos. La diferencia entre los pilotes y los barretes, es su geometría, ya que los barretes son rectangulares mientras que los pilotes son de sección circular, la excavación de un barrete implica otro tipo de maquinaria y unos pasos diferentes a seguir.

Los barretes son utilizados cuando el tipo y condiciones del suelo hacen muy lenta o imposible la perforación de estratos muy densos de roca que por medio de máquinas piloteadoras no es posible y la manera de excavación es mediante la almeja.

Estos también trabajan por punta y por fricción según el diseño de los ingenieros.

2.4 MUROS PANTALLA

Son elementos estructurales, la diferencia de estos es que soportan menos capacidad de carga, trabajando mejor con las cargas laterales, empujes de tierra o sísmicas las cuales actúan en sentido perpendicular al plano del elemento, según el diseño de los ingenieros. Estos también pueden trabajar por fricción y por punta.

NOTA: *Todas estas especificaciones en cuanto a diseño van en el estudio de suelos y en los planos que son entregados al ingeniero residente de obra. Todos estos elementos están conformados por acero y concreto.*

3. PASOS A TENER EN CUENTA AL INICIO DE UNA OBRA

Para empezar como residente de una obra de cimentaciones se deben tener en cuenta los siguientes aspectos que son los más importantes.

El estudio de suelos: Este es muy importante ya que en él, está definida la profundidad de cimentación a la cual se debe cimentar el elemento a fundir y los diámetros de los elementos a realizar.

El estudio de suelos nos indica también el tipo de estrato que se puede encontrar a lo largo de la excavación, los espesores de éstos, las características y comportamiento, para determinar los puntos críticos en los cuales la perforación se vuelve lenta según el tipo de suelo que se encuentra, por tal razón se hace necesaria la utilización de maquinaria adecuada para tal propósito.

El estudio de suelos también puede contener información sobre las cimentaciones de los previos alledaños, la cual es muy útil en el momento de la perforación, ya que según los estratos que se encuentren durante la excavación, indicarán la manera más adecuada de estabilizar las paredes de la excavación, bien sea por medio de lodos bentoníticos o polímero.

El diseño de la armadura: Este diseño es dado por los planos que son entregados antes de la realización de la obra. Para esto se debe tener en cuenta que se cumplan todas los requerimientos que indiquen los planos.

Requerimientos como el tipo de acero, estribo y longitudes garantizan el buen desempeño del elemento. Cuando los elementos a fundir son muy largos, es necesario garantizar las longitudes de traslapo entre las dos canastas. En el

diseño de la canasta se especifica la cantidad de refuerzo, la forma de éstas, distribución, dimensiones y longitudes, las cuales se entregaran junto con los planos.

Cargas sobre los elementos: Estas son identificadas en el estudio de suelo y nos dicen las cargas que deben soportar los elementos y las cuales van a ser transmitidas hasta el suelo de fundación. Las cargas de cada elemento son calculadas para la construcción por el ingeniero calculista para determinar el diámetro del elemento y la longitud del mismo.

Para el diseño de un elemento de pilotaje y el soporte de sus cargas se debe tener en cuenta el tipo de suelo, ya sea fino, granular o rocoso para definir la capacidad de las cargas.

Todos estos valores de capacidad portante serán previamente definidos por los ingenieros calculistas y los suelistas del proyecto.

Maquinaria y equipos: La maquinaria utilizada varía según el tipo de elemento a fundir. Si el elemento es un pilote, se hace necesaria la utilización de piloteadoras que van perforando en sección circular, mientras que para un barrete se requiere de la almeja, que no es más que una cuchara que penetra el suelo por su propio peso, abriendo y cerrando y extrayendo el material dejando una sección rectangular.

En Colombia existen varias marcas en cuanto a máquinas de excavación se refiere, claro está que los mejores rendimientos los dan las máquinas de fabricación italiana, debido a que son pioneros en cimentaciones. A través de los años, ellos han ido perfeccionando cada vez más la excavación y son los poseedores de las mejores máquinas de perforación en cuanto a cimentaciones.

Las marcas más conocidas en este tipo de trabajo son:

SOILMEC

NOBAS

Estas son algunas de las máquinas empleadas en perforación de pilotes:





4. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

4.1 UBICACIÓN DEL PRE – HUECO O VIGA GUIA

Estos son realizados previamente con herramientas de topografía, y garantizan que uno a uno de los pilotes a fundir se encuentren alineados y a distancia según los planos de diseño que deben ser amarrados a las coordenadas del eje básico del proyecto, con referencia a las coordenadas del campo. Cuando se ubica el lugar exacto o el centro de cada pilote, se procede a excavar, usualmente a mano dándole las dimensiones del pilote, llegando a profundidades entre 0.50m y 1.00m, luego se introduce una varilla de $\frac{3}{4}$ en el centro con una cinta de seguridad indicando el sitio exacto. Inmediatamente se procede a tapar el pre-hueco con material de recebo que se caracteriza por su color amarillento. Cuando se descubre el Pre-hueco la varilla servirá de guía para alinear la olla permitiendo coincidir los centros y así su verticalidad.

Para la realización de esta actividad es necesario conocer si existe una cimentación antigua, para poder ser removida en su totalidad ya que si quedan escombros de la antigua cimentación causaran problemas o inclusive daños en la olla (elemento provisto de dientes que perfora el suelo).

Olla de 0.90m de diámetro.



Olla de 0.80m de diámetro montada en la piloteadora.



Las vigas guías son necesarias para la excavación de barretes y deben ir ubicados de tal forma que garanticen la verticalidad de la excavación y a su vez de

referencia para la nivelación de la máquina, la función será similar a la de un pre-hueco, pero en este caso los materiales que se requieren para la viga son:

- ✚ Formaleta de madera, (económicas)
- ✚ Concreto de una especificación bajas y también de resistencias bajas
- ✚ Hierro para el armado de la viga
- ✚ Alambre

Para la excavación de estos barretes se realizan mediante una almeja como se observa en la foto y tienen el ancho según lo especificado por los planos. Los barretes pueden variar de tamaños tales como 0.40m x 2.00m; 0.60m x 2.00m; 0.80m x 2.00m; 0.60m x 2.50m; 0.80m x 2.50m; etc.



En esta fotografía se observa una almeja de 0.80m x 2.00m en sus dimensiones.



En esta fotografía se observa la almeja empezando la excavación en la viga guía.

Para la realización de las vigas guías, es necesario hacer una excavación preliminar la cual se realiza mediante laboreo y posteriormente se funde una viga alrededor del perímetro de la sección. Las dimensiones de las vigas guías varían entre 0.70m y 1.50m de acuerdo al suelo superficial que se encuentre.



En la primera fotografía se observa como se realiza el pre – hueco para la elaboración de la viga guía y al lado la forma de disposición de la formaleta y en la siguiente se observa la viga guía ya fundida y lista para ser utilizada.

4.2 UBICACIÓN DE LA MÁQUINA

Para realizar una buena ubicación de la maquinaria en el inicio de una obra, se debe tener en cuenta el tamaño del lote y los accesos que se disponen, para saber donde van a ser las posibles zonas donde se acumulará el material extraído como la fundida del elemento, esto con el fin de que en ningún momento interfiera con las actividades diarias.

Una vez escogido los sitios se procede a ubicar el pre – hueco o viga guía dependiendo del elemento a excavar. Habiendo ubicado el elemento se procede a nivelar la máquina o piloteadora en el punto ubicado por topografía, con el fin de garantizar la verticalidad del elemento a fundir.

Debido a los diferentes niveles de terreno y a las condiciones en las cuales se encuentre el lote, la máquina se debe nivelar, para tal nivelación se pueden emplear planchones de madera, piedra o demolición, de la antigua estructura allí existente. No sólo se debe nivelar la máquina horizontalmente, sino también verticalmente con la ayuda de un nivel o una plomada, para garantizar que el Kelly perforo verticalmente.

Nivelación de máquina



Para este procedimiento el operador de la máquina es el que realiza una nivelación óptima, sin embargo es preciso verificar que el proceso se hizo adecuadamente.

Verificación del nivel de la máquina



Esta verificación es realizada con un nivel y se toma en los ejes de las orugas.

Nivelación del Kelly



Esta nivelación se hace con el mismo nivel y es realizada para garantizar la verticalidad de la perforación.

La que realiza la excavación es la barra telescópica (Kelly), la cual según el tipo de máquina esta conformado por 3 ó 4 tramos de 10m a 15m de longitud.

Kelly de 10m



Este es un tubo Kelly el cual permite realizar la excavación garantizando parte de la verticalidad y uniformidad de las paredes de la perforación.

Una vez destapado el pre – hueco o guía se centran los elementos tanto del pre – hueco como el de la perforadora, para que sus centros coincidan.

Forma de verificar los centros

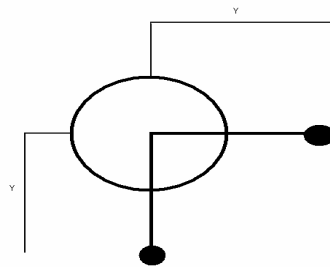


Una vez nivelada la máquina se rectifica que el centro del elemento coincida con el centro de la olla.

Según el instructivo técnico de RyA GALANTE H. LTDA cimentaciones, en el capítulo 5.3 de Ubicación de la Máquina, se describe:

Para la ubicación de la máquina se deben colocar referencias, las más usadas son las varillas eso si las condiciones del piso lo permiten, para poder verificar la distancia entre las referencias y la herramientas con el fin de controlar el proceso de excavación.

En la construcción de pilotes las referencias se colocan a una distancia Y del centro del pilote con el fin de formar un ángulo de 90° .

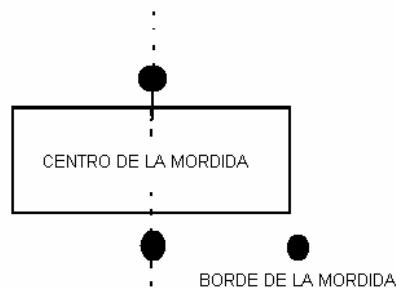


Ubicación de las varillas



En este procesos se verifica que las varillas ubicadas en cada lado formen un ángulo de 90° tomando como una distancia $y = 2.00\text{m}$ para este caso.

Pero en las pantallas y en los barretes se colocan por lo menos dos varillas en la mitad de la mordida y una en el borde de la excavación.



4.3 PERFORACIÓN DEL ELEMENTO

El operario de la piloteadora, quien ejecuta la perforación del elemento, debe hacerlo con precaución, ya que si el suelo presenta estratos muy duros o escombros puede ocasionar daños en la olla. Además, se debe observar con frecuencia en conjunto con el ingeniero, el tipo de suelo que se está presentando durante el proceso de excavación, con el fin de compararlo con el estudio de suelos, y de esta forma generar los registros requeridos por la empresa.

Perforación y verificación del material



En la primera foto se puede observar el inicio de la excavación en seco ya que no se ha encontrado el nivel freático, y en la segunda foto se observa el descargue del material extraído con una olla de 1.10m de diámetro.

Para iniciar con la excavación es necesario estabilizar las paredes, y para ello se utiliza bentonita o polímero. El proceso de estabilización de las paredes, comienza cuando se encuentra el nivel freático del terreno, o según las consideraciones del ingeniero o condiciones del terreno.

Manguera de expulsión



Se observa la manguera que está conectada al tanque de agua el cual esta mezclado con polímero.

Según las características y el comportamiento del suelo se determina el tipo de estabilizante a usar.

Cabe anotar que en los barretes y muros pantallas, el llenado se realiza desde el inicio de la excavación.

Si el tipo de suelo es arenoso y muy inestable se utiliza la bentonita, para lo cual se debe emplear un desarenador y si el suelo se encuentra en mejores condiciones se utiliza polímero.

NOTA: De los lodos estabilizantes se mencionará más adelante: ¿cómo controlarlos? y ¿cómo debe de ser la mezcla de cada uno de estos?.

Luego de iniciada la excavación, se debe verificar la profundidad de la misma a través de una cadena que cuenta con marcaciones cada metro. El operario de la máquina determina basado en su experiencia, la profundidad de la excavación, ya sea por el cable restante o por el número del Kelly que ha bajado.

La excavación debe continuar hasta la profundidad especificada en el estudio de suelos.

Se debe tener presente que los lodos no deben bajar del nivel freático del suelo para poder garantizar la estabilidad de la excavación. El control de la viscosidad y el PH de los líquidos pueden hacerse cada vez que sea reemplazada el agua de los tanques o cuando éstos estén muy sucios.

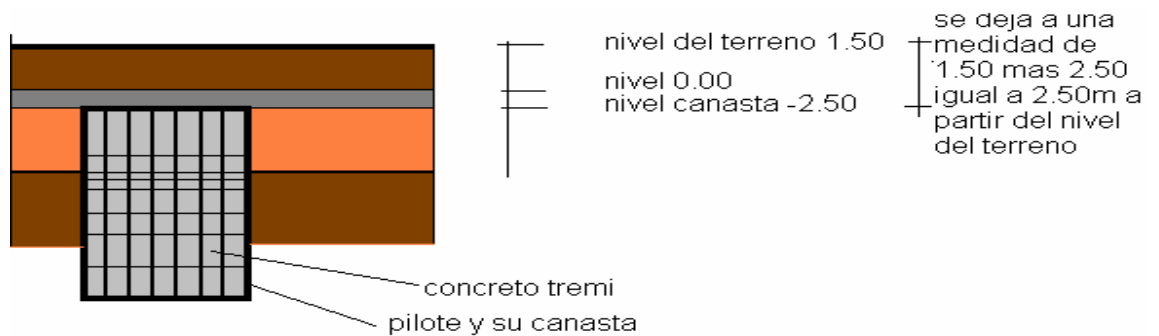
Una vez alcanzada la profundidad deseada y verificada con la cadena, se introduce la olla o almeja dependiendo del tipo de elemento. Esto se hace con el fin de limpiar las paredes y retirar material sobrante que impida introducir la canasta hasta el nivel especificado, ya que uno de los problemas más frecuentes es el derrumbe de éstas.

4.4 UBICACIÓN DE LA CANASTA Y COLOCACIÓN

Una vez terminado el proceso de excavación y de limpieza de la perforación, se debe introducir la canasta o el refuerzo de acero del pilote.

Se procede a verificar que la canasta armada vaya en la perforación que corresponde, teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✚ Que el despiece que aparecen en los planos, coincida con el acero armado por los herreros.
- ✚ Que las distancias entre los flejes sean las indicadas por los planos.
- ✚ Que sea el tipo de acero solicitado por los planos.
- ✚ Verificar el nivel al que va la canasta, es decir tener un nivel trazado con referencia al nivel del terreno y un nivel 0.00, así de esta forma poder determinar la longitud de a la que va la canasta con respecto al suelo.



- ✚ Que los puntos de soldadura sean los adecuados y tengan un buen aspecto.

Armado de canastas



Primero se introducen el número de varillas en sentido longitudinal.



Los puntos de la soldadura deben realizarse en los aros de los extremos y deben realizarse por un soldador con experiencia para evitar desprendimientos, desperdicio en soldadura y poder así dar un buen acabado a la canasta.



El amarre de los estribos debe ser muy preciso y debe ser elaborado por alguien con experiencia en el campo y respetando las separaciones entre éstos, dados por los planos.

En el momento de la ubicación de la canasta en la perforación, ésta será manipulada por medio de la piloteadora o por una máquina auxiliar que ayude con su introducción y con la fundida del elemento.

Antes de introducir la canasta es necesario disponer de una camisa que será colocada en la parte superior de la perforación, que evitara posibles derrumbes en las paredes de dicha excavación, y a su vez cumplir la función de sostener la canasta en el proceso de fundición.

De esta forma es posible bajar la canasta al nivel especificado por los planos. En el momento de bajar la canasta se debe verificar que baje con facilidad y conservando una buena verticalidad.

Traslapo de canasta e introducción en la perforación



En la primera fotografía, se observa el traslape de dos canastas debido a que la profundidad de la perforación es de 45.19m y por lo tanto la canasta requiere dos secciones que según el diseño son de 12.00m cada una

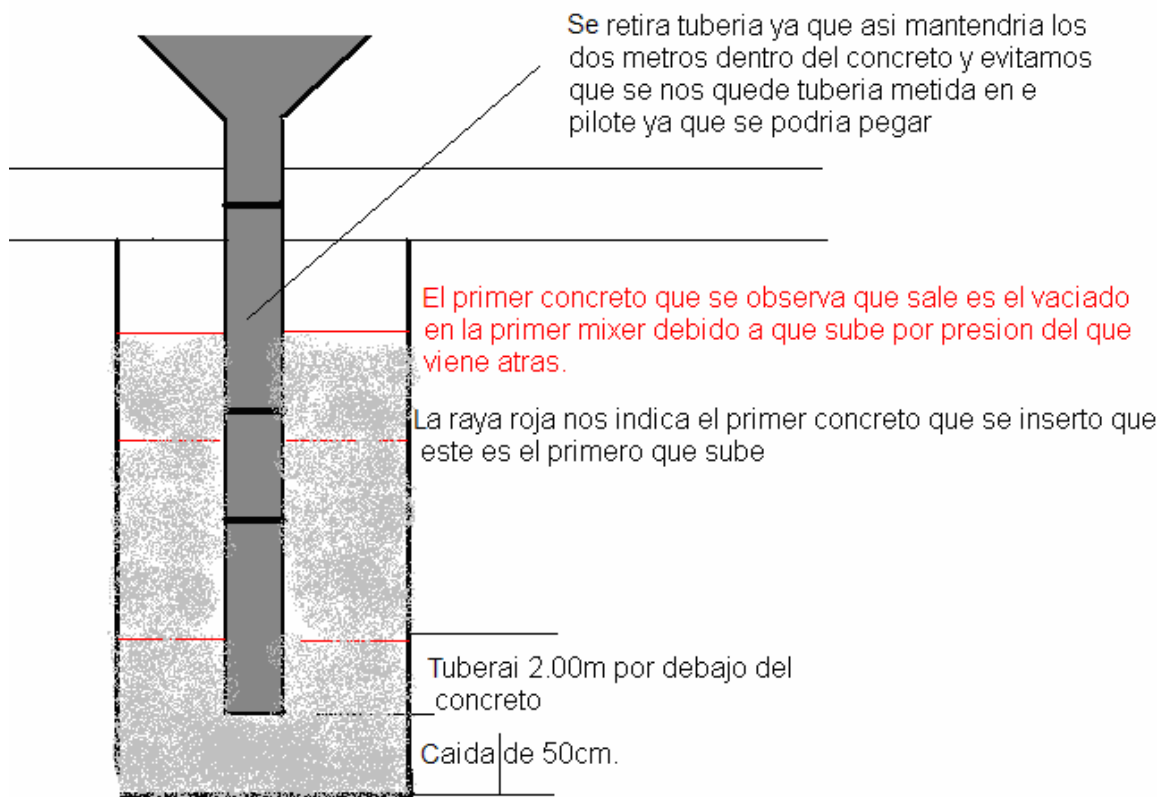
de estas con una longitud total de 24.00m. Por tal motivo se introduce primero una canasta y ésta se sostiene por medio de la camisa para poder levantar la otra y realizar el traslapo, y en la segunda se observa el tamaño de dicha canasta.

4.5 TUBERIA TREMI

Esta tubería tiene este nombre debido a que el concreto que se le adiciona es llamado tremi. Las especificaciones de este tipo de concreto se explican mas adelante, esto dependiendo la concretera con la cual se este contratando la obra a realizar.

Existen varias medidas de tubería tremi, entre las que se encuentran diámetros de 6" y 8" entre otros, pero generalmente la más usada es de 8" debido a su mayor diámetro, ya que hace más fácil el descargue del concreto y más aún cuando éste es fluido.

Los tubos tremi son de varias longitudes, ya que se realizan diferentes profundidades de excavación en cada tipo de pilote y también por que se debe retirar constantemente tubo durante el proceso de fundición para que el concreto suba bien y no quede en secciones o capas y de ésta forma se garantiza el buen trabajo del elemento como se observa en el siguiente dibujo.



Esta tubería es empalmeada a medida que se va introduciendo en la perforación con la ayuda de las roscas que tiene en sus extremos, con la finalidad de permitir su empalme. La tubería debe ser previamente lubricada por medio de grasa para facilitar su unión, y también para que el concreto no selle las juntas al momento de retirar uno a uno los tubos.

Tubería tremi



Los tubos tremi sobre un elemento llamado burro, para conservarlos en buen estado y limpios

Introducción de la tubería tremi y empalme de tubos



En este par de fotografías se puede observar como se empata la tubería por medio de las roscas de cada una de ellas y con la ayuda de una llave, la cual cumple la función de palanca para poder enroscar con mayor facilidad los tubos tremi y en la otra se observa como es bajado el tubo.



El embudo que es por donde se introduce el concreto, es la última parte de la tubería.

4.6 FUNDICIÓN

En el proceso de fundición es necesario realizar una supervisión rigurosa ya que de éste depende que el elemento quede bien terminado y garantiza que cumpla con los requerimientos de diseño y estabilidad de la obra.

A continuación, pasos y cuidados con el concreto antes de vaciarlo:

- ✚ Cuando llegue a obra se debe tomar el asentamiento de éste, el cual debe de ser como mínimo de 8" pulgadas a no ser que las especificaciones indiquen lo contrario.
- ✚ Se deben tomar muestra de cilindros para verificar las resistencias a los 28 días.
- ✚ Verificar la resistencia que llega a la obra, con la especificada
- ✚ Que sea concreto tremí graba normal.
- ✚ Mirar en el recibo la hora de cargue en planta y la hora de llegada a la obra, la cual no debe de exceder nunca las dos horas ya que el concreto perdería la fluidez y sus propiedades de resistencia disminuirían.
- ✚ Nunca se debe empezar a vaciar el concreto de un elemento, si este requiere de más de dos mixer sin tener el segundo carro en obra, ya que los intervalos entre cada uno no debe prolongarse, puesto que empezará a cambiar sus propiedades, y peor aún si el concreto ya se encuentra en la perforación.

Una vez verificado los pasos y el orden, se procede a iniciar el vaciado del concreto. Para esto se debe tener una motobomba que devuelva los lodos estabilizantes a los tanques, sin necesidad de tenerlos que votar por el caño por razones de medio ambiente.

Teniendo este elemento listo para fundir se empieza el descargue de cada mixer, verificando constantemente el nivel del concreto, para cortar (retirar) tubería y esto se obtiene mediante la cadena, siempre y cuando se verifique que la tubería se encuentre embebida por lo menos dos metros dentro del concreto. También debemos evitar que se suba la canasta ya que es de suma importancia mantener los niveles especificados de cada cosa como los son los niveles de la canasta más el nivel al cual se debe dejar el concreto.

Durante la fundición



En el momento de la fundición es muy importante tener a alguien que este a lado del embudo y de la canal de la mixer con el objetivo que el concreto no rebose el embudo. Una vez el nivel del embudo llegue al máximo, se sacude la tubería mediante la ayuda de la piloteadora.

Medición con la cadena



Al efectuar la medición con la cadena, primero se debe untar la pesa de la cadena con barro para que ésta baje hasta donde está el concreto, de tal forma que al extraer la pesa del elemento, se pueda observar si sale pintada o con grapa del concreto, para poder determinar a qué altura se encuentra el concreto.



En esta fotografía se observa el momento en el cual la cadena baja para determinar la altura a la que viene el concreto.



En esta fotografía se puede observar la pesa untada de concreto después de salir del elemento.

Una vez terminada la fundición, se extrae la tubería restante, luego se limpian para que no se adhiera el concreto en las paredes de la tubería, inmediatamente se verifica que el concreto que subió no este contaminado por material como arena o escombros, por último se observa cuánto concreto queda en la mixer para determinar el porcentaje de expansión del elemento.

4.7 EXPANSIÓN DEL CONCRETO

La expansión es determinada mediante la siguiente fórmula: $\left(\frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Teórico}} \cdot 1 \right) * 100$.

La expansión depende del tipo de suelo que se esté trabajando y de los derrumbes que tengan las paredes de la excavación durante la realización de ésta.

En la mayoría de los terrenos rocosos es cuando se tiene un mayor porcentaje de expansión, ya que el derrumbe de las rocas de cualquier parte de la excavación deja cavernas, las cuales son llenadas por el concreto de exceso.

En pocas palabras la expansión del concreto es el volumen de exceso que se le adiciona al elemento.

La expansión es muy difícil de controlar y es por eso que en algunos casos se recomienda al operario de la máquina tener mucha precaución en el momento de introducir la olla o de sacarla.

Por esta razón, si la expansión es muy alta generará unos sobrecostos en el proceso de la cimentación ya que se vierte a la excavación más concreto del que se tenía presupuestado y por lo tanto, se alzaría el costo del proyecto.

4.8 LODOS ESTABILIZANTES

Estos son utilizados según las características de suelo, para la estabilización de la excavación.

Materiales utilizados para la preparación de este lodo.

 Polímero

 Aditivo

¿Qué es un polímero?

Es un producto utilizado durante el proceso de la excavación para mantener la integridad de esta, evitando las filtraciones, infiltraciones y derrumbes durante la perforación con la maquinaria. Este producto es sintético.

¿Qué es un aditivo?

Es otro producto sintético el cual se utiliza para aumentar el ph del agua, en una cantidad requerida, para poder lograr la mezcla adecuada del lodo polimérico.

De acuerdo a RyA Galante, Instructivo Técnico, Preparación Polímero:

Descripción.

1. Se llenan los tanques con agua que tengan un ph entre seis y siete y se calcula el volumen del tanque.
2. Se coloca una rejilla formada por un tubo galvanizado con perforaciones en toda su longitud.
3. la agitación por inyección de aire se logra con la ayuda de un compresor conectado a la rejilla.
4. Para preparar el polímero se debe chequear el ph, si este esta entre seis y siete, para llegar a ph entre 10 y 12, se debe adicionar aproximadamente entre 0.15 y 0.20lt de aditivo por cada m³ de agua. Nuevamente se mide el ph y se verifica que este entre 10 y 12 sino se añade mas aditivo.
5. Se agrega el polímero según dosificación, en forma lenta hasta obtener la viscosidad deseada de acuerdo al tipo de suelo.
6. Dejar mezclar el polímero durante unos minutos y repetir la operación hasta obtener el volumen necesario de polímero para ejecutar la excavación.
7. Verificar ph, viscosidad y contenido de arena.

TABLA DE DOSIFICACIÓN

DOSIFICACION Vs TIPO DE SUELO	
TIPO DE SUELO	CDP
Arcilla	60 g/m3
Arenas densas	150 g/m3
Arenas sueltas	220 g/m3
Grava	400 g/m3

Ensayo de Viscosidad



El ensayo que se realiza de viscosidad, requiere de un cono el cual tiene unas medidas estandarizadas. Cuando se vierte el agua se toman el tiempo en que tarda el agua en llenar el balde hasta cierto nivel. El tiempo estimado es de 28 segundos, y para que el polímero quede a punto, el tiempo estimado es 41 a 46 segundos en evacuar el cono y llenar el balde.

Nota: este ensayo se realiza una vez mezclado el material en los tanques.

Ensayo de PH



Estas son las cartillas con las cuales se miden el ph, después de sacar la muestra de los tanques.



En esta fotografía se está tomando la medición con respecto a las cartas de ph.

Bentonita: Polvo fino obtenido a partir de depósitos naturales de arcilla, básicamente de montmorilonitas, con sodio como bases cambiables y desprovistas de impurezas (sílice, feldespatos, mica y sales solubles)

Lodo bentonítico: Suspensión coloidal de arcilla, conocida comercialmente como bentonita en agua.

De acuerdo a RyA Galante, Instructivo Técnico, Preparación Lodo bentonítico.

Descripción:

1. Organizar el sistema de mezcla.

✚ Un mezclador preferiblemente con una capacidad mínima de 1m^3 , cuyo fondo se encuentra conectada una bomba tipo autocebante y el motor puede ser activado bien sea por energía o combustible.

✚ Piscinas o tanques de maduración, el cual deben estar provistos en el fondo con un sistema de aireación o agitación.

✚ Una salida de agua o tanques de almacenamiento con capacidad suficiente para poder mezclar el volumen diario solicitado.

2. Dosificación, para esto se debe tener en cuenta, la cantidad de Bentonita en Kg/m^3 de agua, con respecto a las características del terreno a perforar, cota de nivel freático y nivel de perforación, puede iniciar la obra en base al criterio y experiencia del Ingeniero.

3. Mezclar y descargar en piscina de maduración. El polvo de bentonita debe agregarse al agua en la cantidad sugerida y de acuerdo con el tipo de terreno, cuando el tanque agitador este a medio llenar (aprox. 500Lt) se introduce el polvo de bentonita en forma lenta y continua a través de una rejilla hasta alcanzar la dosificación deseada.

La bomba hará pasar el agua y el polvo de bentonita a través de su turbina logrando mezclar el polvo y se recomienda dejar por lo menos 3 minutos de mezclado en el tanque para obtener una mezcla homogénea sin grumos. La mezcla se descarga al tanque de maduración.

4. Maduración de lodo Bentonítico. Una vez las piscinas de maduración se empiece a llenar se inicia el proceso de aireación, utilizando una rejilla perforada las cuales están conectadas aun compresor. Este proceso de maduración debe ser por lo menos de 6 horas para que el lodo Bentonítico alcance las propiedades necesarias.

5. Se procede a verificar sus características de:

✚ Densidad.

✚ Viscosidad.

✚ Ph.

✚ Contenido de arena.

4.9 CONCRETO TREMI

Las especificaciones del concreto tremi o tremie son las mismas para todas las concreteras lo único que varía es el color y otras propiedades, por tal motivo se anexa la ficha técnica del concreto preparado por Holcim.

Según Holcim¹:

- ✚ “usos: fundida en sitio de pilotes, barretes, muros pantalla.
- ✚ Consistencia: el asentamiento ofrecido es de 175 +37.5mm. Tomado como máximo 30m. después de la llegada del camión mezclador a la obra.
- ✚ Descripción: esta mezcla es empleada para fundir pilotes con alto ritmo de colocación. Esta compuesta de agradas finos de cemento tipo I ó tipo ARI, agua y aditivo reductor de agua y superplastificante, que permite obtener una mezcla fluida y cohesiva.
- ✚ Resistencia: la resistencia a la compresión evaluada a los 28 días de edad puede estar en el rango de 175Kgf/cm² a 315Kgf/cm². No recomendamos resistencias menores debido a que las cuantías de cemento pueden generar una mezcla áspera que dificultaría la colocación”.

¹ CONCRETOS HOLCIM. Mortero Tremie. La solución para pilotajes. [En línea]
<http://www.holcim.com.co/gc/CO/uploads/Mortero%20Tremie.ppt>

5. CONCLUSIONES

Como se pudo observar el trabajo realizado es de gran ayuda para los ingenieros civiles recién egresados de la universidad ya que contiene los pasos más necesarios que se deben realizar, antes y durante la cimentación.

Como ingenieros civiles deja una gran enseñanza para el futuro. La responsabilidad es una de ellas, debido a que en las cimentaciones están las bases de la estructura y por lo tanto de ésta depende la estabilidad de la estructura a realizar.

Lo demás se adquiere con la experiencia a medida que se trabaja. Este trabajo es uno de los más duros en las etapas de la construcción ya que como se nombro anteriormente, el suelo puede variar demasiado y por tal motivo tendrían nuevas implicaciones en diseños o tendrían que cimentar en otro nivel requerido.

Se debe tener en cuenta en el momento de la fundición, el tema de la expansión del concreto, ya que esto es determinante para saber el estado del elemento y la relación de costos que este implicaría para la obra.

6. RECOMENDACIONES

Estas son algunas de las recomendaciones que se deben tener en cuenta en el proceso de cimentación:

- ✚ Tener toda la información de la obra actualizada.
- ✚ Que la información sea manejada por el director de obra, interventoria, el maestro de la obra y el ingeniero a cargo del proyecto, para evitar confusiones.
- ✚ Tener en cuenta los accesos para la máquina, la mixer y el retiro de la excavación.
- ✚ Saber de ante mano los niveles de terreno, de canasta y de concreto.
- ✚ Pasar niveles cada vez que se vaya a realizar un pilote nuevo ya que todo pilote es una obra nueva.
- ✚ Revisar siempre la canasta antes de introducirla en la excavación con los despieces entregados por la obra.
- ✚ Realizar periódicamente ensayos de lodos.
- ✚ Analizar y observar constantemente la excavación para concluir sobre el estado de la excavación.
- ✚ Verificar medidas de excavación.
- ✚ Cuando es el momento de fundir y se encuentran 2 o más de mixer, siempre se debe empezar la fundición con el segundo carro en obra.
- ✚ Verificar el nivel al que viene el concreto siempre para retirar tubería, garantizando siempre que esta se encuentre 2m embebida en el concreto al monitor de retirar tubería.
- ✚ Una vez terminada la fundida verificar el nivel al cual quedo el concreto.

Nunca olvidar que las cargas que se manejan en este trabajo son grandes por esto es indispensable no olvidar lo siguiente:

- ✚ Tener en cuenta el radio de giro de la máquina para no ser golpeados.
- ✚ Nunca hacerse delante o detrás de la máquina en el momento de la excavación.
- ✚ Nunca estar debajo cuando se está levantando canasta.
- ✚ No levantar con la máquina pesos excesivos a los permitidos, (ver especificaciones de la máquina de acuerdo a la marca).
- ✚ Siempre encerrar las excavaciones hundida con cinta de seguridad para evitar accidentes en obra.

Estas son las recomendaciones más importantes que se deben tener en cuenta a la hora de ser residentes de cimentación.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] CONCRETOS HOLCIM. Mortero Tremie. La solución para pilotajes. [En línea]
<http://www.holcim.com.co/gc/CO/uploads/Mortero%20Tremie.ppt>

- [2] NOTICRETO. Los Muros Pantalla y el Concreto Tremie. Ed. No. 12.
Colombia: 1988. p.28-31.

- [3] RyA Galante, Instructivo Técnico.