



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE  
HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PILA DE CIMENTACIÓN  
EN PUENTE OTAPA, MINATITLÁN, VERACRUZ.”**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:  
**JUAN PABLO LEMUS AYALA**

ASESOR:  
**M.A. LUIS ALFONSO MERLO RODRÍGUEZ**

MORELIA, MICHOACÁN, JUNIO DEL 2008.



**En memoria de mi padre, que en vida  
siempre me motivó e impulsó para  
alcanzar este logro profesional en mi  
vida y en agradecimiento a toda mi familia,  
esposa e hijas que sin su esfuerzo, apoyo  
y sacrificio no hubiera sido posible.**

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN.

## CAPITULO I. CIMENTACIÓN PROFUNDA.

1.1 Objetivo.

1.2 Factores que determinan el tipo de cimentación.

1.3 Clasificación de cimentaciones.

1.3.1 Clasificación de cimentaciones profundas.

1.3.2 Descripción de pilas y pilotes.

1.4 Proceso convencional para el diseño y la construcción de cimentaciones profundas.

## CAPITULO II. ESTUDIOS PREVIOS.

2.1 Mecánica de Suelos.

2.2 Batimetría.

## CAPITULO III. MAQUINARIA PARA CIMENTACIÓN PROFUNDA.

3.1 Maquinaria mayor.

3.2 Maquinaria menor.

## CAPITULO IV. ESTRUCTURAS EMPLEADAS EN PROCESO CONSTRUCTIVO.

4.1 Escantillón.

4.2 Plataformas.

4.3 Pasarela para colado de pilas de cimentación.

## CAPITULO V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PILA DE CIMENTACIÓN DEL PUENTE OTAPA.

5.1 Objetivo.

5.2 Alcance.

5.3 Planeación.

5.4 Movilización.

5.5 Instalaciones.

5.6 Preliminares.

5.7 Procedimiento constructivo.

5.7.1 Topografía.

5.7.2 Izaje y colocación de ademe metálico.

5.7.3 Perforación de pilas.

5.7.4 Tiro de material producto de excavación.

5.7.5 Colocación de tubo espiroducto.

5.7.6 Colocación de armado de acero.

5.7.7 Lavado de perforación.

5.7.8 Colado de pila.

5.7.9 Retiro de ademe metálico.

5.7.10 Retiro de escantillón ó templete.

PROCEDIMIENTO GRAFICO.

PROCEDIMIENTO FOTOGRAFICO

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

## **INTRODUCCIÓN.**

Como parte del programa de mejoramiento de las vías de comunicación, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Gobierno del Estado de Veracruz, ha implementado un programa de construcción de puentes en las comunidades de mayor afluencia comercial, para así facilitar la explotación de los recursos naturales de la zona y lograr comunicar a las comunidades cercanas al municipio de Minatitlán, con las comunidades ubicadas al sur del estado, colindantes con el estado de Oaxaca.

El Puente OTAPA se desplantará sobre el río Coatzacoalcos, que se localiza al sur del estado de Veracruz, en la Región Hidrológica No.29, a 15 Km., aguas arriba de la ciudad de Minatitlán, a la altura de la localidad de Otapa en el mismo municipio de Minatitlán, su ubicación geográfica se encuentra a los 17°53'20'' de Latitud Norte y 94° 34' 05'' de Latitud Oeste, con una área de cuenca drenada hasta este sitio de 13,220 km<sup>2</sup>.

La vegetación es de tipo bosque tropical con densidad media, la topografía es sensiblemente plana, el escurrimiento es perenne, y en avenidas puede arrastrar troncos hasta de 20 mts., de longitud.

El Puente OTAPA tiene una longitud de 248 mts., su subestructura está formada por 8 apoyos, que transmiten cada uno su carga al suelo mediante 9 pilas de cimentación, coladas en situ, de 1.50 mts., de diámetro, 6 de los apoyos se encuentran en el cause del río, y los 2 estribos en las márgenes izquierda y derecha correspondientes.

El ancho de calzada será de 7.50 mts., y banquetas de 1.25 mts., siendo el ancho total de 10 mts., estructuralmente estará formado por 35 traveses pretensados AASTHO tipo VI de 1.85 mts., de peralte y longitud total de 35.62 mts., trabajando en colaboración con una losa de concreto reforzado.

### Ubicación geográfica.



## Puente “Otapa” Minatitlán Veracruz.



# **CAPITULO I. CIMENTACIÓN PROFUNDA.**

## **1.1 OBJETIVO.**

El objetivo principal de las cimentaciones es transmitir las cargas de una estructura a los estratos resistentes del subsuelo, en forma estable y con asentamientos tolerables durante su vida útil.

## **1.2 FACTORES QUE DETERMINAN EL TIPO DE CIMENTACIÓN.**

Con el propósito de definir el tipo de cimentación adecuado que cumpla con el objetivo ya mencionado anteriormente, es indispensable evaluar con precisión las cargas que se transmitirán al subsuelo, realizar un estudio detallado de mecánica de suelos y escoger el procedimiento constructivo que técnica y económicamente sea el más viable.

### **a) CARGA.**

Para el diseño de la cimentación de cualquier estructura es necesario evaluar las acciones permanentes (incluyendo el peso propio), las acciones variables (incluyendo la carga viva), y las acciones accidentales (incluyendo sismo y viento), a las que se encontrara sometida.

Una vez conocida estas acciones, es necesario conocer su distribución y determinar la magnitud de los esfuerzos que serán aplicados al subsuelo.

## b) SUELO.

El estudio del suelo en el que se apoyará una estructura es prioritario, ya que su resistencia y comportamiento ante cargas externas definirán el tipo de cimentación adecuado que garantizará la estabilidad del sistema.

El estudio de la mecánica de suelos permitirá determinar la configuración y composición de los diferentes estratos, las propiedades índice y las propiedades mecánicas e hidráulicas del subsuelo. Esta información servirá de base para la correcta selección de los estratos de apoyo y de los elementos que transmitirán las cargas al subsuelo.

## c) TÉCNICA Y ECONOMÍA.

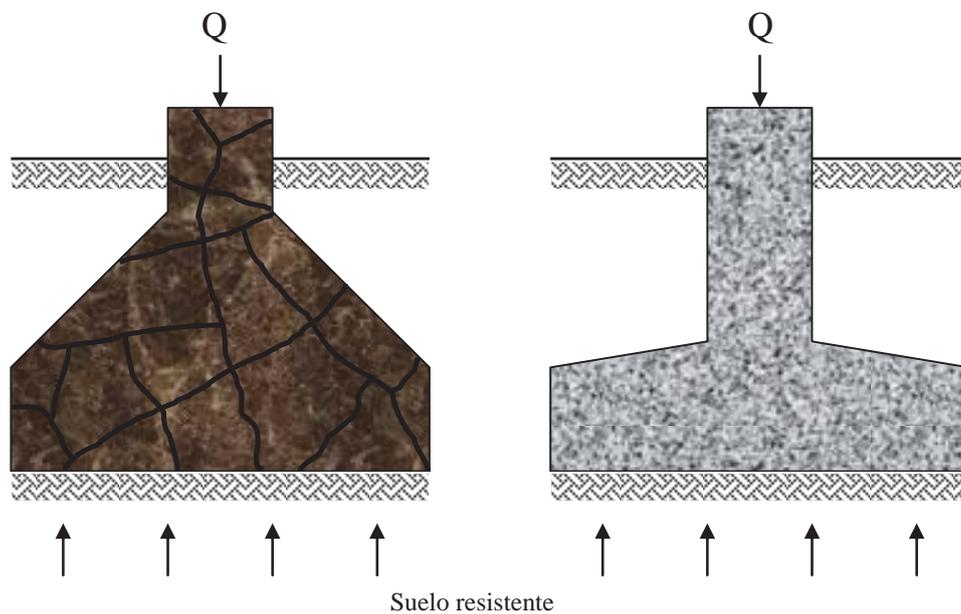
Al ser elegido un tipo de cimentación, es necesario definir el procedimiento constructivo que se aplicará, considerando los recursos existentes, con el propósito de que su construcción sea viable, respetando las especificaciones geotécnicas y estructurales, considerando también que la solución sea económicamente aceptable y conduzca a tiempos de ejecución reales y convenientes, preservando constantemente la calidad de los elementos de cimentación.

## 1.3 CLASIFICACIÓN DE CIMENTACIONES.

Las cimentaciones pueden ser clasificadas de acuerdo a diferentes criterios, los cuales serán útiles si permiten identificar con precisión los elementos que transmitirán las cargas al suelo, así como el mecanismo de falla del suelo de cimentación, para la aplicación del método de cálculo adecuado.

### a) CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

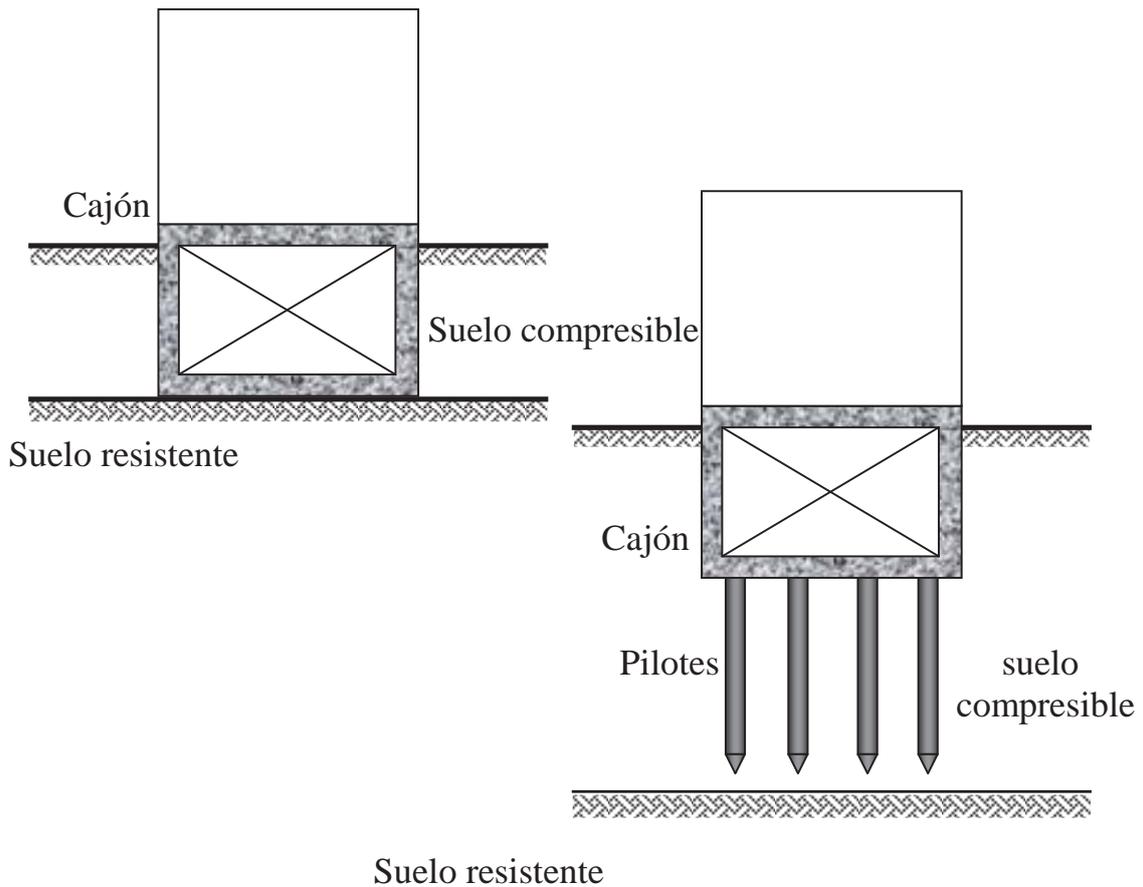
Como su nombre lo indica, son aquellas que se construyen sobre estratos resistentes superficiales, donde por lo general no se requiere la maquinaria pesada ni procedimientos constructivos especiales y su diseño no acepta esfuerzos de tensión. Las cimentaciones superficiales más comunes son las zapatas aisladas, las zapatas corridas y las losas de cimentación.



### b) CIMENTACIONES COMPENSADAS.

Se entiende por cimentaciones compensadas aquellas en las que se busca reducir el incremento neto de carga aplicado al subsuelo mediante una excavación en donde se aloja un cajón de cimentación, la transmisión de carga neta al subsuelo en el desplante del cajón resulta positiva, nula o negativa, la cimentación se denomina parcialmente compensada, compensada o sobre compensada, respectivamente.

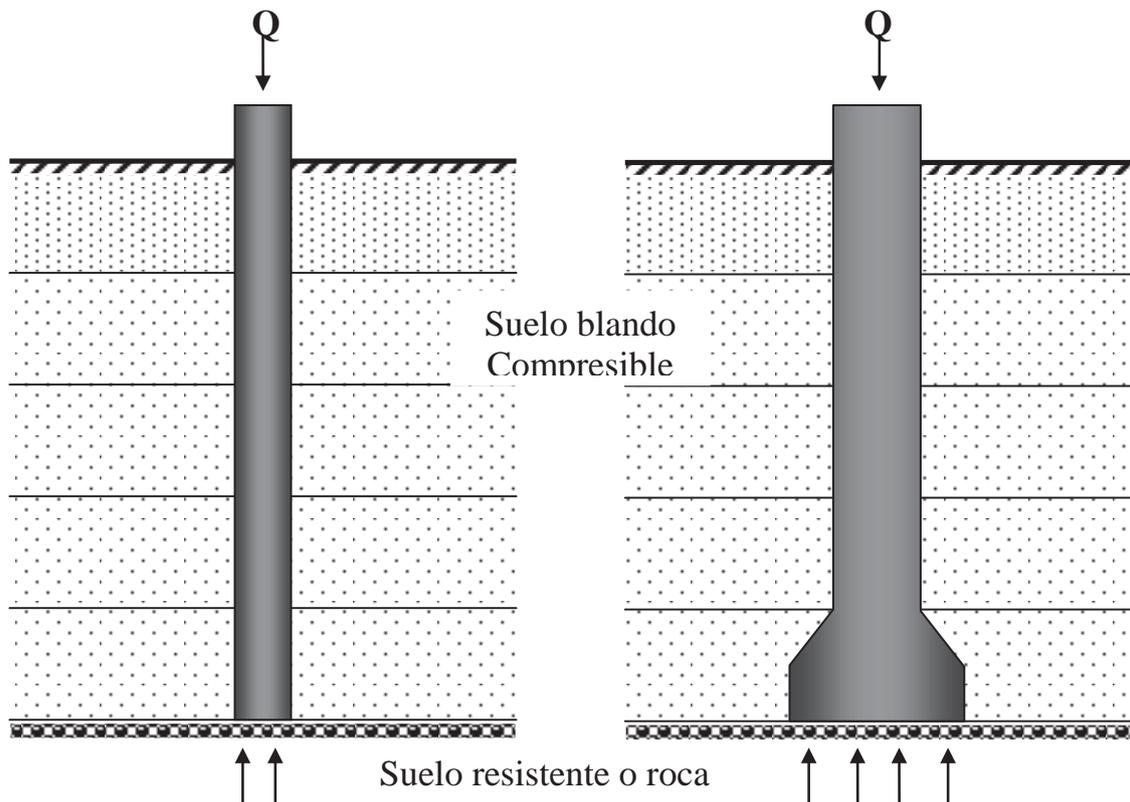
Con el propósito de evitar que la estructura experimente asentamientos excesivos, es común que las cimentaciones parcialmente compensadas se combinen con pilotes de fricción, los cuales se describen posteriormente.



### c) CIMENTACIONES PROFUNDAS.

Son aquellas que se desplantan en estratos profundos que tengan la capacidad de soportar las cargas adicionales que se aplican al

subsuelo, utilizándose generalmente procedimientos constructivos complejos y equipos especiales.



### 1.3.1 CLASIFICACIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS.

Con el propósito de identificar los diferentes elementos de cimentaciones profundas, se propone clasificarlos considerando sus características y condiciones de trabajo, lo que permite facilitar la comunicación técnica entre los consultores y constructores, aplicando los criterios propios de cada actividad de acuerdo con lo siguiente:

## 1. MATERIALES DE FABRICACION.

### a) CONCRETO.

- Elementos prefabricados.

Los elementos estructurales de cimentación profunda son fabricados en moldes, de acuerdo con las especificaciones, antes de ser incrustados en el subsuelo.

- Elementos colados en el lugar.

El concreto es depositado directamente en perforaciones realizadas en el subsuelo, por lo que la cimentación es fabricada en el lugar donde quedara ubicada.

### b) ACERO.

La capacidad de los perfiles de acero estructural en ocasiones es suficiente para transmitir las cargas a los estratos de suelo, siendo la sección “H” la más utilizada; la tubería de acero también puede ser empleada, con la ventaja de que el momento de inercia de su sección es constante en cualquier eje.

### c) MIXTOS.

La combinación de materiales que con mayor frecuencia se especifica para la construcción de las cimentaciones profundas, es el concreto reforzado con acero, ya sea este último de perfiles estructurales o de varillas de acero.

#### d) MADERA.

La madera ha dejado de emplearse como elemento de cimentación profunda, aunque en algunos trabajos se utiliza como cimentación provisional.

## 2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

El procedimiento depende de las condiciones del subsuelo, de las especificaciones estructurales, así como de los recursos disponibles, pudiéndose clasificar considerando el desplazamiento del subsuelo generado durante la instalación de los elementos:

#### a) CON DESPLAZAMIENTO.

- Hincados a percusión, presión o vibración.

Los elementos prefabricados, así como los perfiles y tubería metálica, son instalados en el subsuelo sin previa perforación, aplicándoseles energía dinámica y presión en suelos blandos, y vibración en suelos predominantemente friccionantes.

#### b) CON POCO DESPLAZAMIENTO.

- Hincados en una perforación previa.

En el caso de que las características del subsuelo por su resistencia no permitan la instalación de los elementos de cimentación se especifica una perforación previa a su hincado.

- HINCADO CON CHIFLÓN.

El chiflón de agua es utilizado para hincar elementos precolados o de acero en suelos compuestos por arena suelta, la cual es transportada por el flujo al exterior.

- SECCIÓN TRANSVERSAL PEQUEÑA.

El instalar tubos y perfiles metálicos sin perforación previa, debido a su reducida área transversal, provoca un desplazamiento del subsuelo en ocasiones imperceptible.

c) SIN DESPLAZAMIENTO.

Se considera que el subsuelo no registra desplazamientos, cuando el perímetro de la perforación previa circunscribe a la sección del elemento por instalar o cuando los elementos son colocados en el lugar.

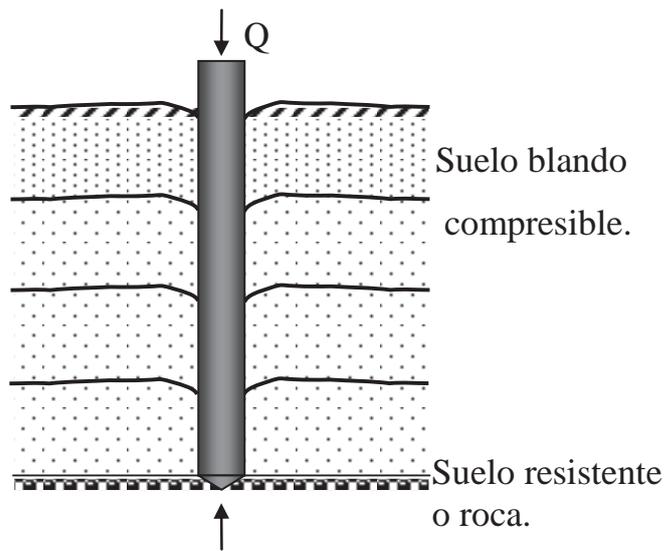
### 3. TRANSMISIÓN DE CARGAS AL SUBSUELO.

La forma en que las pilas y los pilotes transfieren las cargas al subsuelo, definen el tipo de cimentación, clasificándose de acuerdo con el siguiente criterio.

a) CARGA VERTICAL.

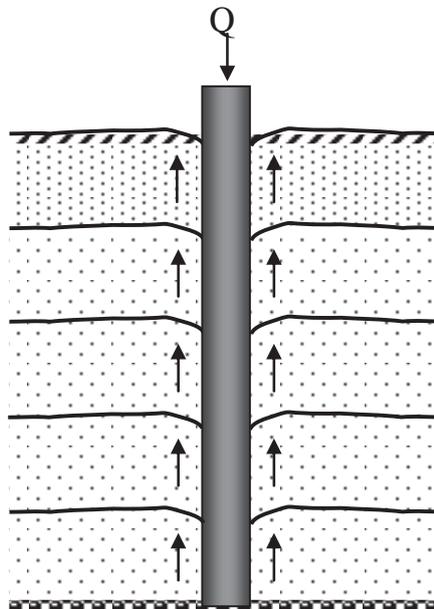
- Punta.

La carga vertical es transmitida al estrato localizado en la punta de los elementos de cimentación profunda.



- Fricción.

La transmisión de las cargas al subsuelo se desarrolla a través del contacto de los diferentes estratos con el fuste de los pilotes o las pilas; dependiendo del sentido de los esfuerzos, la cimentación puede ser de apoyo, o de anclaje.

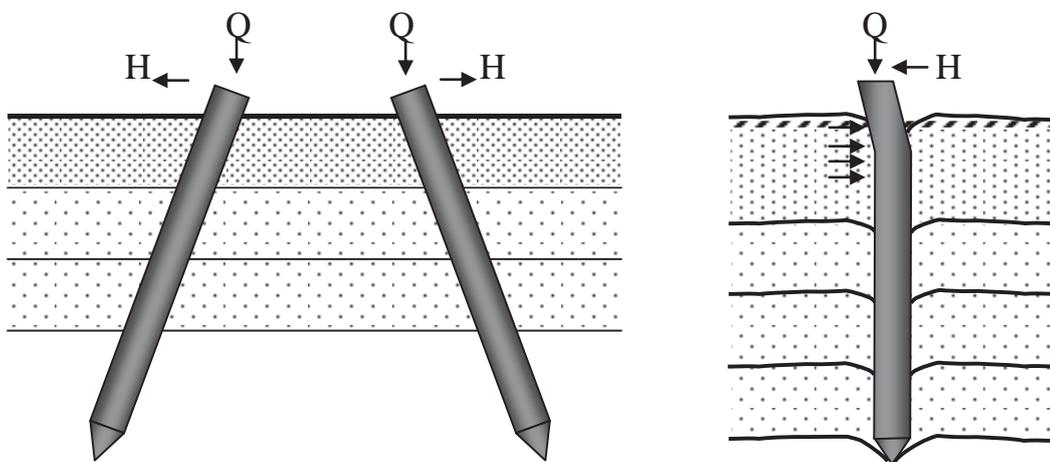


- Mixta.

Se considera mixta la transmisión de la carga vertical descendiente al subsuelo, cuando en el diseño de los elementos los esfuerzos son distribuidos en la punta y en el fuste; en la realidad esta condición es la que prevalece, la cual depende de la compatibilidad de los desplazamientos, sin embargo cuando los esfuerzos en la punta o en el fuste son reducidos, en el cálculo se desprecian.

#### b) CARGA VERTICAL Y HORIZONTAL.

En estructuras que generan cargas horizontales hacia la cimentación, además de las verticales, puede ser recomendable el uso de pilotes inclinados, con el propósito de que la fuerza resultante sea transmitida adecuadamente al subsuelo por la cimentación profunda elegida. En el caso de la ocurrencia de acciones sísmicas, los pilotes inclinados provocan concentraciones de esfuerzos considerables en la losa que se apoya en ellos, lo cual debe ser analizado en su diseño. Si la carga horizontal es moderada, es preferible usar pilotes instalados verticalmente y aprovechar la reacción pasiva del suelo superficial.



### 1.3.2 DESCRIPCIÓN DE PILAS Y PILOTES.

Los elementos de cimentación profunda más utilizados son los pilotes y las pilas, cuyas características más importantes se describen a continuación:

#### PILOTES.

Los pilotes son elementos esbeltos de cimentación profunda que transmiten al subsuelo las cargas provenientes de una estructura y de la misma cimentación, con el propósito de lograr la estabilidad del conjunto.

Los pilotes pueden ser de madera, o bien de acero y/o concreto. El uso de pilotes de madera ha dejado de ser frecuente, y solamente se aplica en obras provisionales donde no se requiere preservación a largo plazo. Los pilotes de acero por lo general son tubulares o de sección 'H'. Su utilización depende del tipo de subsuelo donde serán instalados, así como el procedimiento constructivo elegido. Debido a que la sección 'H' no desplaza un volumen importante de suelo durante su instalación, su hincado en suelos blandos se facilita. Los pilotes deben ser sometidos a tratamientos especiales cuando se detecta que durante su vida útil pueden ser afectados por la oxidación y/o corrosión.

Los pilotes más utilizados son los precolados de concreto reforzado con varilla corrugada de acero; su sección puede ser cuadrada u octagonal, recomendándose que su área no exceda de  $2500 \text{ cm}^2$ . La longitud de los tramos de pilotes precolados debe ser definida, considerando el esfuerzo

resistente de los mismos y las maniobras de levante e izaje a las que estarán sometidos, a fin de preservar la integridad del pilote.

En la mayoría de los casos, el diseño estructural de un pilote es determinado por los esfuerzos a los que estará sometido durante las maniobras de estiba, izado e hincado, ya que por lo general estos son mayores a los esfuerzos que se desarrollan en la transmisión de cargas al subsuelo.

## PILAS.

Las pilas son elementos de cimentación profunda de secciones mayores que las de los pilotes, las cuales también transmiten al subsuelo las cargas provenientes de una estructura y de la misma cimentación con el propósito de lograr la estabilidad del conjunto.

Las pilas se fabrican directamente en el subsuelo, por lo que se les conoce como elementos fabricados in situ. Cuando los esfuerzos que se transmitirán al subsuelo son exclusivamente de compresión, las pilas pueden fabricarse prácticamente de cualquier material que tenga la resistencia requerida, los cuales deben ser estables durante la vida útil de la estructura que soportaran, siendo los más utilizados la grava, la cal, el mortero y el concreto premezclado. Las características de los estratos del subsuelo, así como las condiciones del agua subterránea, definirán el material que deberá emplearse para la fabricación de las pilas.

Cuando los esfuerzos que se transmitirán al subsuelo son de compresión y de tensión, las pilas por lo general se fabrican utilizando concreto premezclado, reforzado con varillas de acero corrugadas, tubo metálico o perfiles estructurales, siendo el perfil 'H' el más común.

La sección utilizada con mayor frecuencia es la circular, cuyo diámetro no debe ser menor a 60 cm., con el propósito de garantizar la calidad de la pila, pudiendo llegarse a especificar un diámetro hasta de 300 cm.

#### VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Las ventajas y desventajas mas importantes que se tienen al resolver una cimentación profunda a base de pilas, con respecto a una solución a base de pilotes son las siguientes:

##### a) Ventajas.

- Considerando que las pilas son elementos fabricados in situ, no requieren de área adicional para una planta de fabricación, y para su almacenamiento como elementos terminados.
- Las pilas no están expuestas a sufrir daños estructurales ya que no se requiere de ser maniobrados y golpeados para su colocación, como sucede con los pilotes.

- Los decibeles generados durante la construcción de una pila son inferiores, a los que se generan al instalar un pilote prefabricado.
- La capacidad de carga de las pilas es mayor que la de los pilotes.
- La fabricación de las pilas siempre es monolítica y no se requiere de juntas especiales.
- La longitud de las pilas puede ser variable dependiendo la profundidad de los estratos resistentes, pudiéndose realizar los ajustes correspondientes prácticamente en forma inmediata, lo cual no es tan versátil en el caso de los pilotes ya que estos son prefabricados.

b) Desventajas.

- Las pilas requieren siempre de perforación previa, mientras que los pilotes en ocasiones pueden ser instalados desplazando el subsuelo.
- El procedimiento constructivo de las pilas sobre agua se complica, al tener que evitar el vaivén de la plataforma flotante donde se apoyara el equipo de construcción
- El sistema de adomado de las perforaciones requiere mayor control que en el caso de los pilotes, ya que de éste depende en forma importante la calidad de la pila.

#### 1.4 PROCESO CONVENCIONAL PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS.

La secuencia convencional que permitirá obtener la calidad requerida en forma eficiente para construir una cimentación profunda, tanto en tiempo como en economía, es aquella que se lleva a cabo ordenada y oportunamente sin eliminar ninguna de las siguientes actividades:

##### a) Estudios geotécnicos.

La exploración del subsuelo en el que se pretende construir una estructura, debe de realizarse antes de continuar con el desarrollo del proyecto, ya que de los resultados obtenidos y la interpretación de las características y comportamiento del subsuelo, dependerán las decisiones que se tomen para la realización del estudio geotécnico y estructural, así como para la determinación del procedimiento constructivo. Un estudio geotécnico deficiente provocara que las actividades siguientes no se desarrollen adecuadamente, generando modificaciones durante la construcción, las cuales estarán en función de la inexactitud de la información obtenida.

##### b) Diseño geotécnico y estructural.

El diseño geotécnico y estructural se basa en los resultados obtenidos del estudio del subsuelo, tomando en consideración el tipo de pruebas de campo y de laboratorio realizadas, incluyendo su cantidad, con lo que se podrá evaluar si los cálculos son conservadores o representan riesgos. Durante este proceso es necesaria la comunicación entre las especialidades de diseño y construcción, considerando las observaciones y sugerencias de

las partes, con el propósito de que sea viable el cumplimiento de las especificaciones que se generen.

### c) Construcción.

El procedimiento constructivo se define en función de las especificaciones determinadas por lo que diseñadores geotécnicos y estructurales, así como del estudio del subsuelo. Cuando no existe comunicación entre los constructores con los consultores, existe la posibilidad de que durante la construcción se tenga la necesidad de modificar el proyecto, lo cual es aceptable cuando la decisión beneficia la calidad de la obra sin afectar sensiblemente el aspecto económico; esta contingencia también se puede presentar aunque la comunicación mencionada se halla realizado oportunamente, debido a que el subsuelo en coacciones presenta características que no fueron detectadas durante su exploración. Un estudio geotécnico que no considere las características del proyecto por realizar, es posible que no proporcione la información que se requiere para determinar un procedimiento constructivo adecuado, resultando desorientador, provocando modificaciones que se alejan en forma importante de la solución constructiva elegida, generando retrasos en los programas de obra y costos adicionales por necesidad de abandonar los preparativos de los trabajos indicados en el procedimientos constructivos seleccionado, así como por la necesidad de sustituir recursos, principalmente la maquinaria.

#### d) Control.

Siendo unos de los objetivos mas importantes el de preservar la calidad de un proyecto, es necesario mantener un estricto control de cada una de las actividades que intervienen en su desarrollo. El control de calidad de los materiales, así como su manejo, es el que con mayor frecuencia se aplica, sin embargo, este control debe de realizarse durante la exploración del subsuelo, el diseño geotécnico y estructural , la construcción; así como en las modificaciones que se tengan que llevar a cabo en cualquiera de las actividades mencionadas, por lo que es indispensable que la intervención de los consultores no termine al entregar las especificaciones, sino continúe hasta finalizar el desarrollo de la obra con el propósito de que las decisiones sean dinámicas y oportunas, y que los ajustes de campo sean adecuados.

## **CAPITULO II. ESTUDIOS PREVIOS.**

### 2.1 MECÁNICA DE SUELOS

#### GENERALIDADES

La mecánica de suelos es una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos que conducen, directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se van a erigir estructuras de índole variable. La enorme importancia de su conocimiento por el ingeniero moderno ha sido y es demostrada a diario por hechos de todos conocidos. El tratar de iniciar cualquier construcción sin llevar a cabo, primero, un estudio de suelo, es quizás uno de los mayores riesgos que pueden correrse en el campo de la ingeniería. Es imposible proyectar una cimentación adecuada para una estructura sin conocer el carácter del suelo que se encuentra bajo ella, ya que, en definitiva, es dicho suelo el que soportara la carga.

Por diversas y numerosas razones el hombre ha estudiado, durante siglos, el suelo sobre el que vive, presentando teorías sobre las presiones del mismo y sobre métodos para determinar la capacidad de carga para diversos tipos de cimentaciones; sin embargo se puede decir que quien organizo conceptos y los hizo crecer hasta formar una nueva rama de la ingeniería civil, fue el profesor Dr. Kart Terzaghi.

Hoy se sabe perfectamente bien que los estudios de suelos se pueden considerar desde diferentes aspectos científicos, debiendo dichos estudios ser congruentes y estar relacionados entre sí, sin olvidar que los caprichos de

la naturaleza han dado origen a una gran variedad de condiciones diferentes de suelo, y por lo tanto son innumerables las limitaciones matemáticas en la resolución de los problemas de la ingeniería de suelos. Esto hace resaltar la importancia y la necesidad de un ingeniero de experiencia y buen juicio en el análisis y correcta interpretación de los resultados de pruebas de laboratorio a fin de que pueda balancear con buen criterio los resultados de la teoría, según pruebas de laboratorio, con el conocimiento empírico sobre la validez relativa que en cada caso debe dársele a los mencionados resultados.

El Dr. Terzaghi dijo una vez: quien sólo conoce la teoría de la Mecánica de Suelos y carece de experiencia práctica, puede ser un peligro público.

## EL SUELO Y SU ORIGEN

Las rocas de la corteza terrestre, a través de un proceso de desintegración mecánica y de descomposición química, forman los materiales sueltos que se encuentran en ella. El suelo ha sido definido de diferentes maneras ya sea que dicha definición provenga del agrónomo, del geólogo o del ingeniero civil. Una definición que podría considerarse como general es la siguiente: Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre, de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de la actividad de los seres vivos que sobre ella se asientan.

## PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos grandes grupos: suelo cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas, o sea los suelos inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual, en caso contrario forman un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador, (por gravedad, por el agua, por viento, por los glaciales).

En cuanto a los suelos orgánicos, éstos se forman casi siempre in situ. Muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humus, de materia no descompuesta, o en estado de descomposición; es tan alta, con relación a la cantidad de suelo inorgánico, que las propiedades que pudieran derivar de la porción mineral quedan eliminadas. Esto es muy común en las zonas pantanosas en las cuales los restos de la vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor, conocidos con el nombre genérico de turbas. Se caracterizan por su color negro o café oscuro.

A continuación se describen los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación.

**GRAVAS.** Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas, las gravas sufren desgaste en sus aristas y son por

lo tanto redondeadas. Como material suelto suele encontrarse en los lechos, en las márgenes y en los conos de deyección de los ríos, y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido transportadas.

La forma de las partículas de las gravas y su relativa frescura mineralógica, dependen de la historia de la formación de ellas, encontrándose variaciones desde elementos rodados a los poliédricos.

**ARENAS.** La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y también la existencia de las arenas, es análoga a las de las gravas; las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas son materiales que, estando limpias, no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi instantáneamente.

**LIMOS.** Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta.

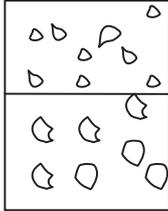
ARCILLAS. Se da nombre de arcillas a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contienen también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. Son plásticas, se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son compresibles y al aplicársele una carga en su superficie se comprimen lentamente.

TEPETATE. Es un material polvoriento, es de color café claro o café oscuro, compuesto de arcilla, limo y arena en proporciones variables, con un cementante que puede ser la misma arcilla o el carbonato de calcio. Según sea el componente predominante, el tepetate se suele llamar arcilloso, limoso, arenoso, arcillo-arenoso si es que predomina la arcilla, areno-limoso si predomina la arena, y así sucesivamente.

A continuación se muestran los símbolos recomendables para distinguir los suelos en un perfil determinado:

# SÍMBOLOS.

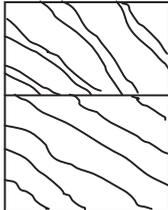
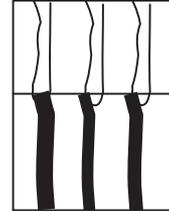
GRAVAS.



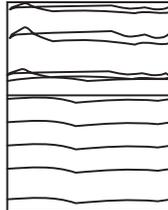
ARENAS.



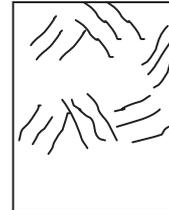
LIMOS.



ARCILLA.



SUELO ORGANICO.



ROCA.

## 2.2 BATIMETRÍA.

La batimetría es la medición de las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar. Dado que el fondo marino está cubierto por la columna de agua, ésta determinación presenta dificultades, ya que no se pueden hacer mediciones directas. Por ello, se realizan mediciones indirectas mediante el uso combinado de ecosondas y geoposicionadores satelitales. Las mediciones indirectas son procesadas mediante software especializado para generar mapas del relieve submarino (cartas batimétricas).

La batimetría de un curso de agua, sea lacustre, fluvial o marina, se realiza por medio de aparatos electrónicos llamados Eco-Sondas, instalados en lanchas, remolcadores u otro tipo de embarcación. Las cuales funcionan lanzando ondas en el lecho del río, mismas que rebotan y permiten determinar la profundidad del sitio donde está la embarcación. Una vez recogidos los datos de campo y tomando en consideración la profundidad que se desea en el canal navegable, se elaboran las curvas de nivel del lecho fluvial.

## **CAPITULO III. MAQUINARIA PARA CIMENTACIÓN PROFUNDA.**

### 3.1 MAQUINARIA MAYOR.

- **GRÚAS.**

Son máquinas que sirven para el levantamiento y manejo de objetos pesados, contando para ello con un sistema de malacates que acciona a uno o varios cables, montados sobre una pluma y cuyos extremos terminan en gancho.

Para facilitar su función, la unidad motriz y los diferentes mecanismos de la máquina le permiten girar alrededor de un eje vertical y a la pluma moverse en un plano vertical.

Pueden ser fijas y móviles. Cuando la grúa es móvil, puede trasladarse por sí misma, sobre orugas o ruedas dispuestas para tal fin.

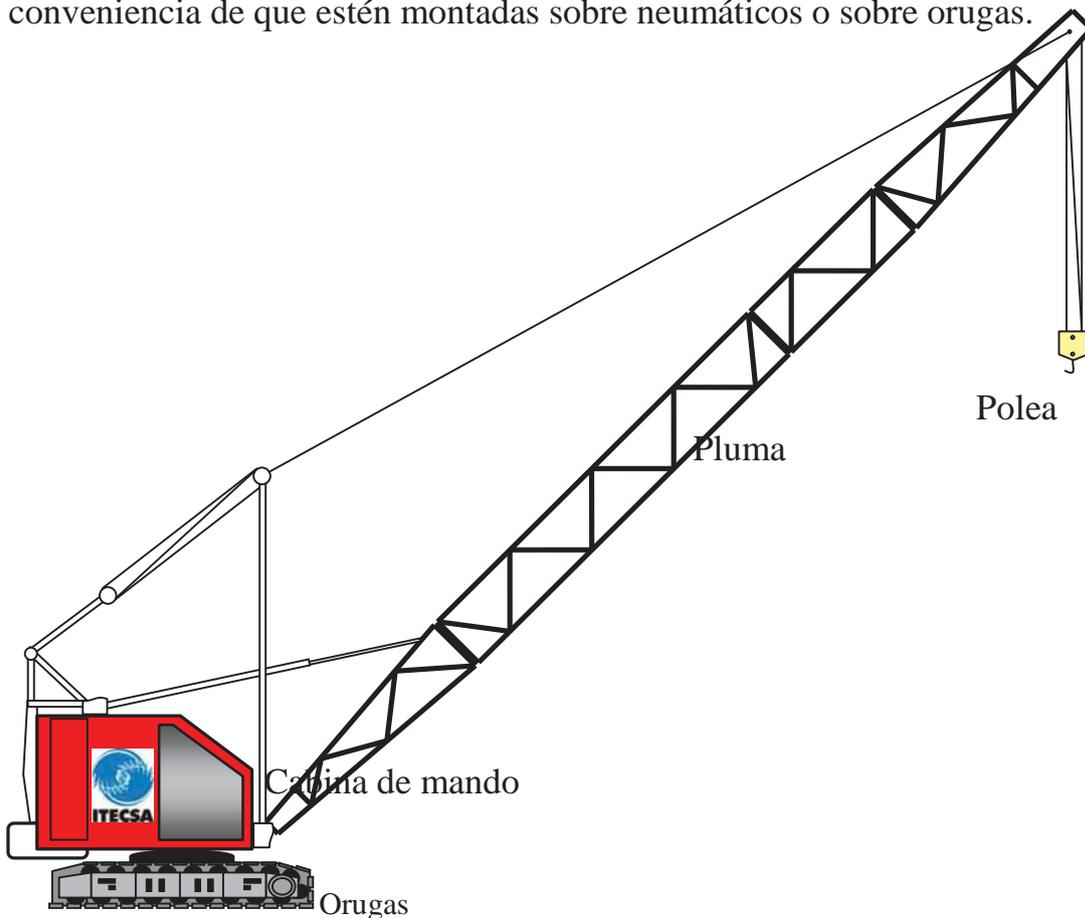
Las plumas de las grúas pueden ser rígidas cuando están formadas por estructuras modulares (de tubo o de ángulo estructural), o bien telescópicas cuando están formadas por elementos prismáticos que se deslizan unos dentro de otros.

Las plumas rígidas se integran por una base que se apoya mediante articulación en el cuerpo de la grúa; después pueden colocarse módulos de 1.5 m. (5ft) a 6.1 m. (20ft) de largo y finalmente una nariz en cuyo extremo

superior se ubican las poleas por donde pasan los cables procedentes de los tambores de los malacates.

Para la construcción de cimentaciones profundas se usan generalmente grúas móviles de pluma rígida. Para el montaje de equipos de perforación o hincado, usualmente se requieren grúas de 45 a 80 tn de capacidad nominal, con plumas rígidas de 18.3 mts (60ft) de largo.

Para las maniobras se emplean grúas de menor capacidad nominal, aunque superior a 15 tn. Las condiciones del terreno dictaminan la conveniencia de que estén montadas sobre neumáticos o sobre orugas.



ESQUEMA DE UNA GRÚA SOBRE ORUGAS.

- **PERFORADORAS.**

Son máquinas para hacer barrenos en el suelo, por rotación, por percusión o la combinación de ambas.

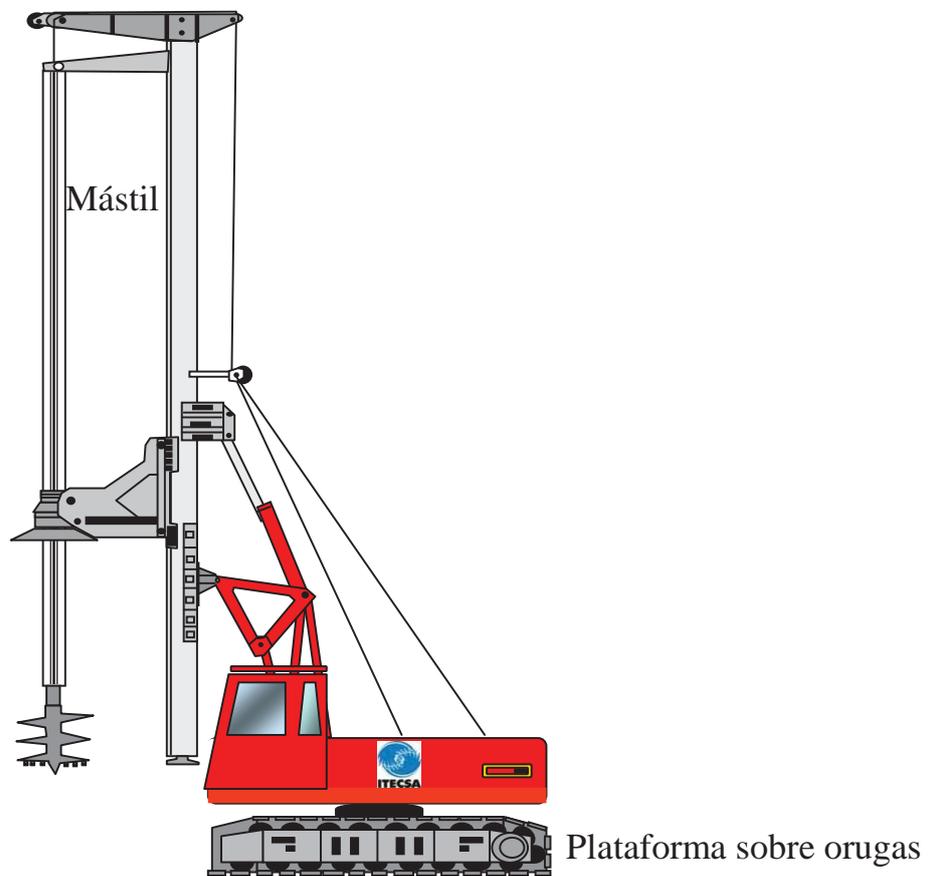
En el caso de las rotarias, la torsión se transmite por medio de una barra en cuyo extremo inferior se coloca una herramienta de avance tal como una broca, un bote cortador o una hélice. La barra se hace girar con algún mecanismo, o bien se levanta y se deja caer sobre el fondo de la perforación, lo cual da lugar a que las perforadoras sean rotatorias o de percusión, respectivamente.

a) Perforadoras rotarias.

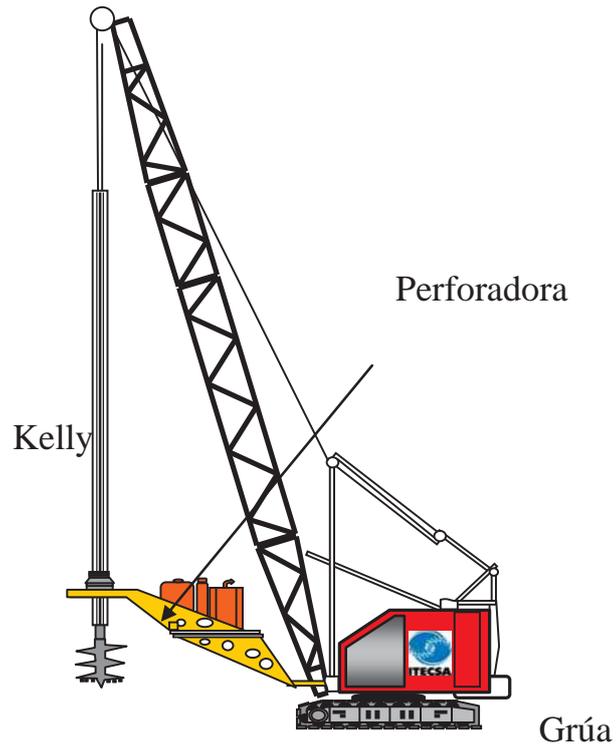
Para la construcción de cimentaciones profundas, se emplean generalmente dos tipos de perforaciones con sistema rotario:

- Con barretón o kelly de perforación; ya sea montadas sobre orugas, sobre grúa o sobre camión. En este caso, el kelly puede ser de una sola pieza o bien telescópico de varias secciones, con el cual se extrae de manera intermitente el suelo perforado.
- Con hélice continua, montada sobre grúa o sobre orugas. El suelo se extrae en forma continua conforme se perfora el suelo.
- Circulación inversa, con estos equipos, se opera con el principio de un air-lift, para la construcción de pilas, estos equipos pueden perforar profundidades mayores a 100 m.

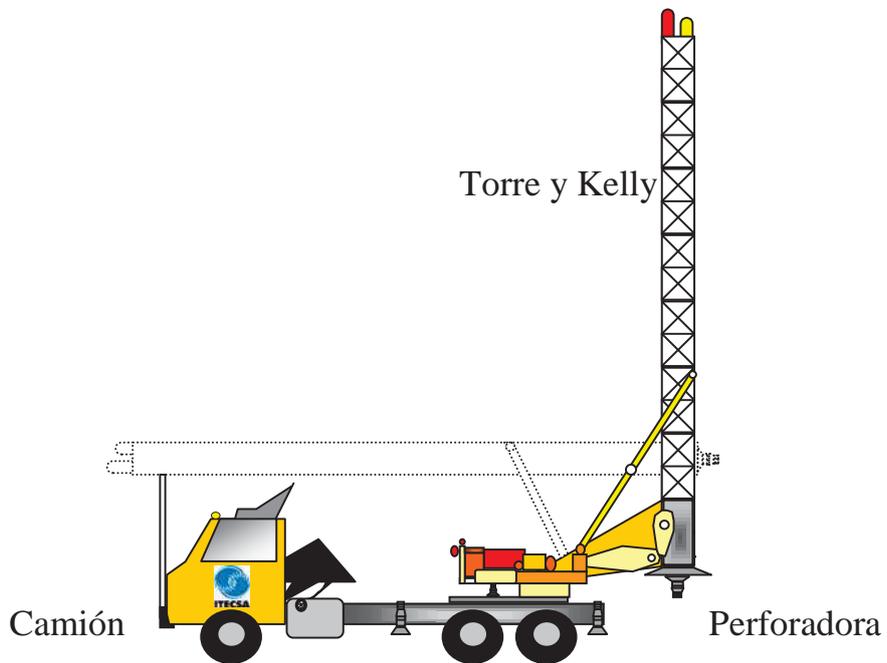
La selección de la perforadora más adecuada para un proyecto dado, dependerá de las características que presenten los materiales del lugar, así como del diámetro y profundidad de las perforaciones por realizar, el uso de ademes metálicos o lodos bentoníticos, entre otros.



PERFORADORA DE ROTACIÓN Y PERCUSIÓN.



PERFORADORA ROTARIA MONTADA SOBRE GRÚA.  
(WATSON).



PERFORADORA ROTARIA MONTADA SOBRE CAMIÓN

b) Perforadoras por percusión.

Las perforadoras por percusión, a través de un sistema, que puede ser mecánico neumático o hidráulico; transmiten una serie rítmica de impactos al material por perforar, por medio de un elemento de corte o ataque, llamado martillo de fondo. Su aplicación principal es en rocas, ya que en suelos se reduce su eficiencia. Para cimentaciones profundas, pueden alcanzar 1mt. de diámetro.

Características de martillos de fondo.

Modelo	Diámetro de Perforaciones cm.	Peso del Martillo Kg.	Frecuencia de Operación Golpes/min.	Consumo de Aire* l/s
Champion 180	45-61	1492	950	944
Champion 240	61-86	2488	925	1322
Champion 330	83-109	5707	925	2454

\* operando con una presión de  $10.2 \times 10^5$  Pa.

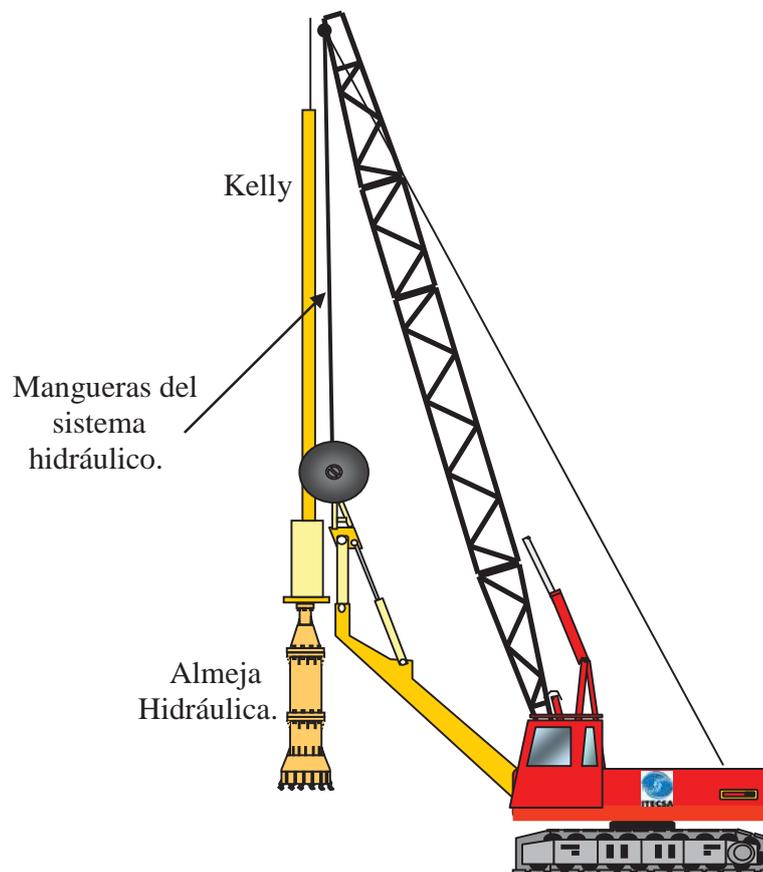
- ALMEJAS E HIDROFRESAS.

Se pueden también excavar pilas de sección rectangular, oblonga o alguna combinación de estas secciones, mediante almejas hidráulicas guiadas, integrada por dos quijadas móviles que se accionan con cilindros hidráulicos, adosadas en la parte inferior de un barretón o kelly rígido, de una pieza o telescópico.

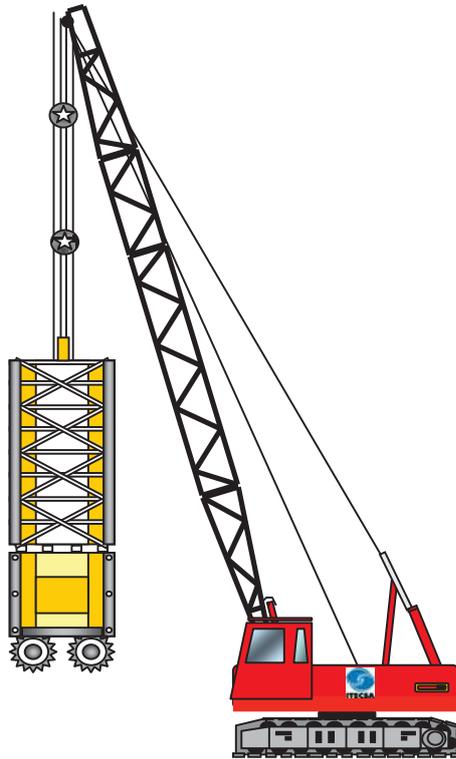
La presión hidráulica del sistema se genera mediante una unidad de potencia que, al igual que el equipo de excavación, se monta sobre una grúa de orugas.

Esta operación se puede realizar con una hidrofresa, que opera con tres motores de fondo, utilizando el principio de circulación inversa.

Este equipo puede perforar a profundidades hasta de 100 mts, cortando inclusive roca.



ALMEJA HIDRÁULICA, MONTADA SOBRE UNA GRÚA ESTRUCTURAL.



## HIDROFRESA, MONTADA EN UNA GRÚA ESTRUCTURAL.

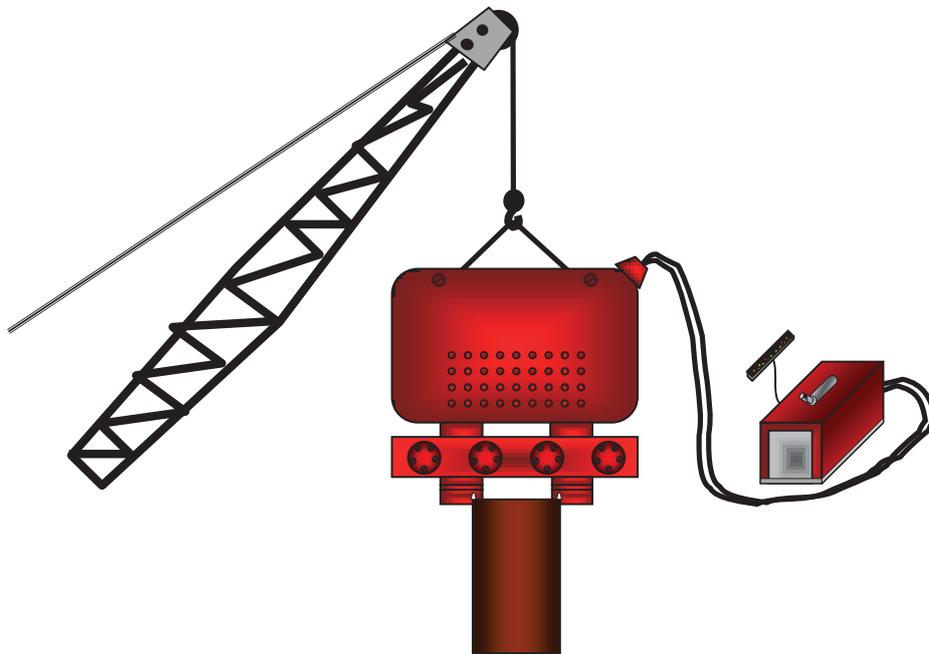
- VIBROHINCADOR.

Los vibrohincadores, también llamados martillos vibratorios, son máquinas diseñadas para llevar a cabo el hincado o extracción de tubos o perfiles de acero en el suelo, con la acción dinámica de un generador de vibraciones.

El equipo toma su energía de una unidad de potencia formada por un motor de combustión interna, generalmente diesel, que acciona un generador

eléctrico o una bomba hidráulica, con base en contrapesos excéntricos de rotación contraria.

Con un sistema de control remoto se arranca o para el generador de vibraciones y se accionan mordazas hidráulicas para sujetar los tubos o perfiles durante su hincado.



- MARTILLOS DE PERCUSIÓN.

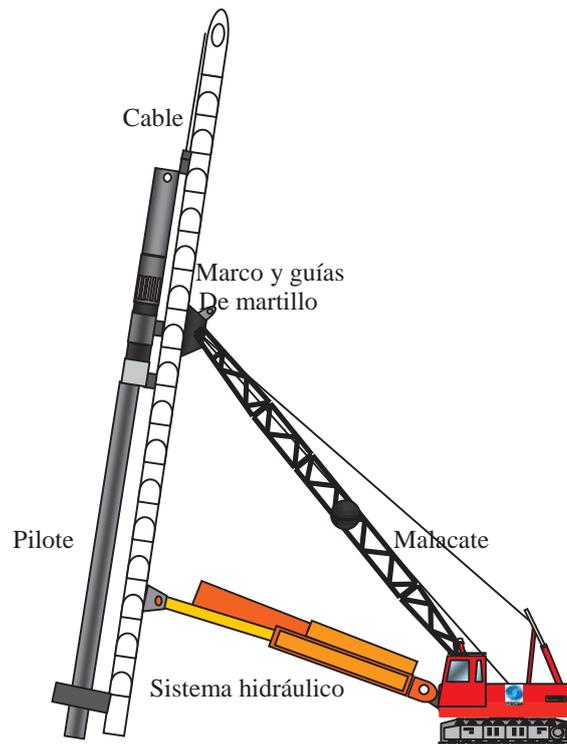
Son equipos que generan impactos en serie para el hincado de pilotes. Existen diversos tipos de martillos para el hincado de pilotes:

Elemental	Caída libre
Acción simple	Vapor Neumáticos
Doble acción	Diferenciales Vapor Neumáticos Hidráulicos
Diesel	Abiertos Cerrados
Vibratorios	Baja frecuencia > 40Hz Alta frecuencia > 140Hz

Los martillos piloteadores originales, fueron masa de caída libre, que se colocaban en posición previa al descenso mediante sistema manuales o mecánicas.

Con el desarrollo de la tecnología, se utilizó vapor de agua o aire comprimido para levantar la masa que cae; mejoras posteriores dieron lugar al uso del vapor y aire comprimido para acelerar la caída de la masa durante su descenso lográndose una mayor energía en el impacto.

Los martillos más comunes, son los de combustión interna que emplean diesel como combustible para levantar la masa golpeadora, al mismo tiempo que se aprovecha su explosión para incrementar el impacto del hincado.

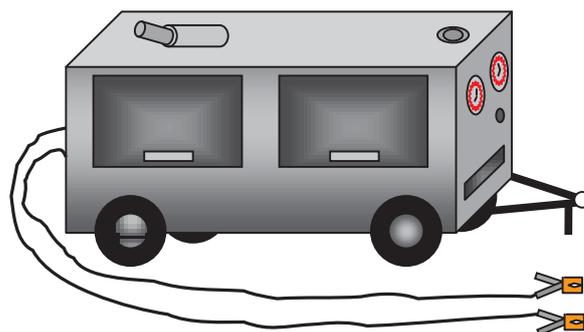


MARTILLO DE CAÍDA LIBRE.

### 3.2 MAQUINARIA MENOR.

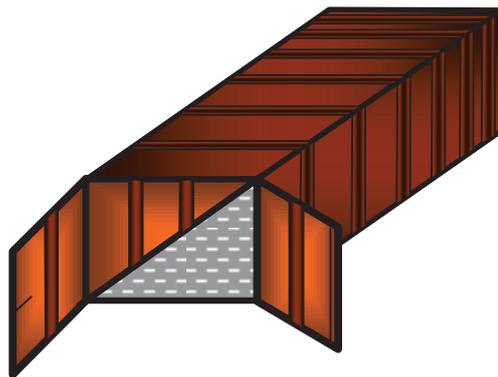
- SOLDADORA.

Soldadora de máquina de combustión interna de 400 amps., motor diesel.



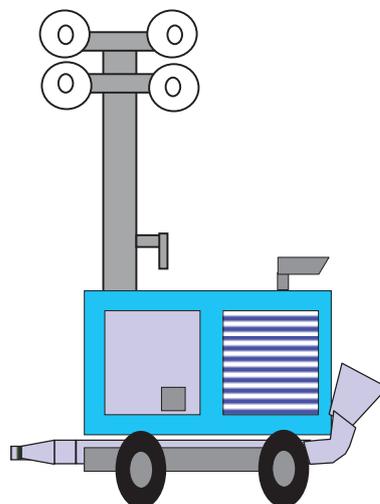
- **CONTENEDOR.**

Cajón estructural de lámina acanalada calibre 16, de 3 x 5 m., que tiene por objeto el almacenar material y equipo de dimensiones pequeñas existentes en área de trabajo. Este contenedor es transportado de obra a obra para cumplir con su objetivo.



- **EQUIPO ELECTRÓGENO.**

Torre de iluminación a base de motor diesel de 15 hp, con 4 lámparas de halógeno de 1000 watts. Su utilización es requerida cuando en el plan de ataque se especifica un segundo turno de trabajo y es necesario laborar las 24 hrs., del día.



- LANCHA.

Vehículo marítimo esencial para trabajos en agua, la capacidad de su motor depende del peso que se requiera remolcar, su utilización es para toda maniobra requerida en la construcción de cimentaciones profundas, como por ejemplo traslado de personal, movimiento de plataformas, traslado de equipo pequeño, etc.,.



- EQUIPO DE CORTE.

Éste equipo esta conformado por un tanque de oxígeno, un tanque de acetileno y una espiga mezcladora, y se utiliza para cualquier corte de elementos de acero, como placa de acero de diferentes espesores, varillas de acero, elementos estructurales etc.

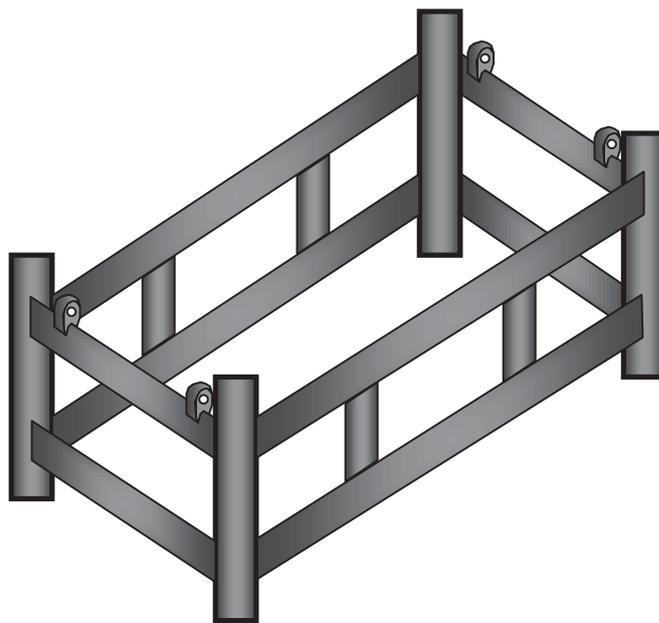
## **CAPITULO IV. ESTRUCTURAS EMPLEADAS EN PROCESO CONSTRUCTIVO.**

### **4.1 ESCANTILLÓN**

Estructura de acero que tiene por objeto proporcionar la ubicación exacta del centro de la perforación y servir como guía para la misma. Posicionándola mediante topografía, cabe mencionar que ésta estructura es utilizada para perforaciones ubicadas dentro de un cauce de agua.

Se conforma de tubería de acero, placa de acero, material desplegado ángulo y vigueta tipo I de acero.

Los diámetros, espesores y dimensiones de los materiales varían dependiendo las necesidades correspondientes a cada obra.





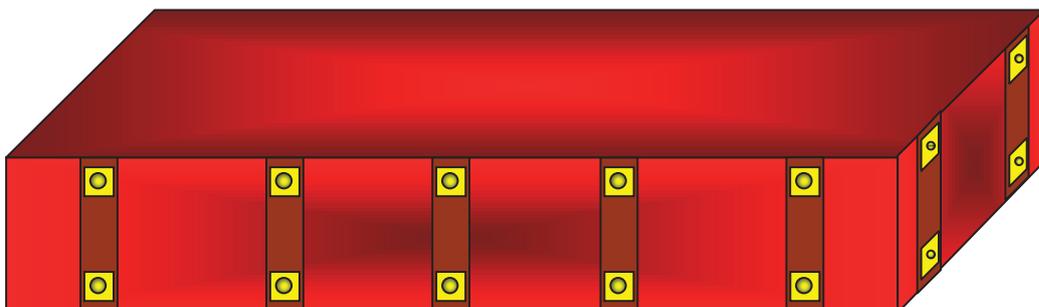
## 4.2 PLATAFORMAS.

Las plataformas son una especie de islas artificiales, formadas por elementos llamados flexi-float. Las cuales tienen por objeto proporcionar el área necesaria, para las maniobras realizadas en la construcción de cimentaciones profundas, que se ubiquen dentro de un cauce de agua.

Para su formación, se toma en cuenta el peso de la maquinaria y equipo que se va a montar en ella, y como resultado se obtiene el arreglo de flexis más adecuado, en cuanto a soporte de carga, área disponible, y equilibrio requerido.

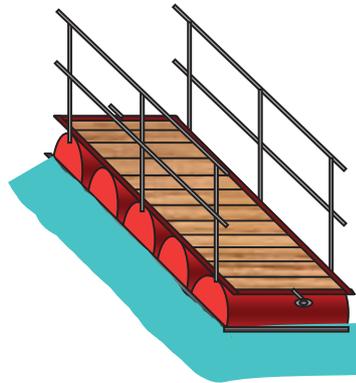
### FLEXI-FLOAT

Elemento estructural flotante, de 40 ft x 10 ft x 7 ft, de dimensión y capacidad de carga puntual de 60 tn., de fácil ensamblaje.



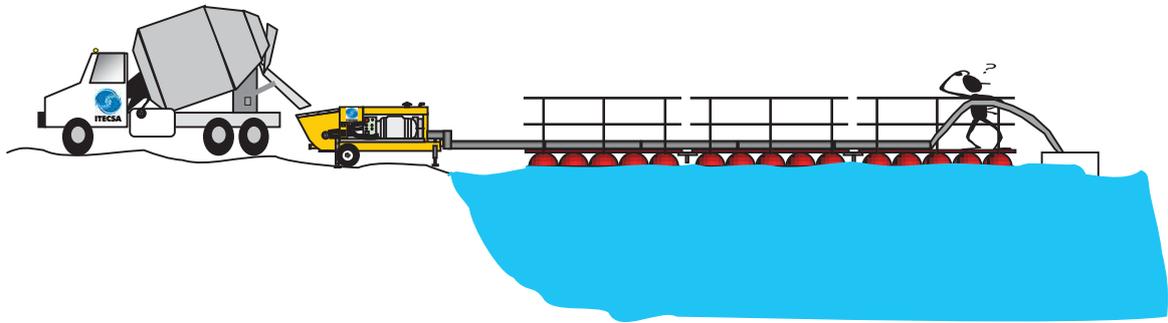
### 4.3 PASARELAS.

Las pasarelas son unas estructuras formadas por una base de tambores vacíos de 200 lts., donde descansa una cama de madera, delimitada perimetralmente por un ángulo de acero de 1½ x 1½. Su longitud puede ser variable dependiendo el número de tambores colocados, se recomienda para conformar una pasarela de longitud considerable, formarla en piezas de longitud no mayor de 5 mts., esto para facilitar su manejo y transportación.



El uso de éstas estructuras es exclusivo en trabajos realizados en agua y tiene por objetivo facilitar el tránsito de personal y equipo menor a áreas de trabajo, como también puede ser utilizada para el colado de la cimentación.

Uno de los procedimientos de colado se realiza mediante una bomba de concreto situada a la orilla del río donde sea de fácil acceso para la recepción del concreto, para posteriormente bombearlo y conducirlo mediante una tubería de acero de 5 in., de diámetro, que descansa sobre las pasarelas hasta el sitio de vaciado.



Colocación de concreto en pila de cimentación situada en agua.

## **CAPITULO V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PILA DE CIMENTACIÓN DEL PUENTE OTAPA.**

### **5.1 OBJETIVO.**

Establecer en este procedimiento la secuencia lógica de las actividades inherentes de los trabajos de cimentación profunda a base de PILAS DE CONCRETO REFORZADO, en agua para la obra “Puente Otapa, en Minatitlán, Veracruz.”, con la calidad y seguridad requeridas, de acuerdo al proyecto definitivo, cuidando en todas sus etapas se cumplan con los requerimientos y especificaciones propias del proyecto, con el fin de garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de los elementos.

### **5.2 ALCANCE.**

La presente Planeación y Procedimiento Constructivo, cubre las Normas y Procedimientos aplicables y vigentes, (Incluyendo aquellas Leyes y Normas en materia de trabajo y Previsión Social), así como lo de Seguridad e Higiene y Mitigación Ambiental.

Adicionalmente se han tomado a consideración las condiciones ambientales y topográficas del sitio en donde se realizan los trabajos.

### **5.3 PLANEACIÓN.**

Para la ejecución de la obra se consideró un solo frente de trabajo, a un turno para preliminares y retiro de equipos, y con dos turnos en la

construcción de pilas a 12 horas, para cumplir con los periodos establecidos en el plan maestro.

Se considera como método de perforación, el sistema de perforación convencional utilizando herramientas de perforación;

La secuencia de construcción de pilas se muestra en el anexo 2 y 3.

A continuación se presenta un reporte pormenorizado de la Planeación Integral y el Procedimiento preliminar para llevar a cabo la ejecución de los trabajos, siguiendo un proceso ordenado y lógico.

Este procedimiento es congruente con los programas de ejecución de los trabajos, utilización de maquinaria y/o equipo de construcción; programas de mano de obra directo y de personal técnico, administrativo; seguridad, salud y protección ambiental; control de calidad y de servicios; materiales que cumplen con lo requerido para una buena ejecución de los trabajos.

#### 5.4 MOVILIZACIÓN.

La transportación del equipo o maquinaria de construcción se realiza por vía terrestre utilizando equipos adecuados (tractocamiones con cama baja o plataforma, según sea el caso) en esta fase de la transportación está

incluido todo el equipo que por sus características no sea posible arrendar en el sitio o que sea propiedad de la empresa.

Para la transportación de los equipos el transportista debió efectuar una visita al sitio de la obra, incluyendo el recorrido terrestre de nuestros patios de maquinaria, con el objeto de inspeccionar aspectos relevantes y/o restricciones y en general todos aquellos aspectos que pudieran ser determinantes o impedimentos para el libre tránsito de los equipos de transporte, previendo con esto retrasos y situaciones de riesgo.

Los materiales (cemento, acero de refuerzo y concreto hidráulico premezclado) son suministrados por proveedores confiables que cuentan con un sistema de calidad. Para la recepción a nuestro almacén provisional o sitio de colocación.

## 5.5 INSTALACIONES.

Como resultado de estas inspecciones, análisis y evaluaciones contenidas en la planeación, programación y logística para el desarrollo de los trabajos se ubican las áreas para nuestras instalaciones provisionales, incluidas aquellas necesarias para la fabricación de todos aquellos elementos prefabricados necesarios, mismas que deben contar como mínimo las siguientes características: fácil acceso, el terreno debe estar sensiblemente a nivel, las dimensiones suficientes requeridas, facilidades para la dotación de servicios que de acuerdo a las Normas en materia de Seguridad, Higiene y Ambientales, sean necesarios; como por ejemplo entre otros: la disposición

de residuos peligrosos, la instalación de sanitarios portátiles para el control de los residuos sanitarios, etc.

En el sitio de la obra se ubican las instalaciones propias para la estancia del laboratorio de control de calidad, bodegas, almacenes de vehículos, equipos y materiales de consumo.

Es importante señalar que al personal obrero y técnico debe ser dotado con el equipo adecuado de protección y seguridad, de acuerdo con los reglamentos vigentes, así como capacitado con todo lo relacionado al contenido de este documento.

Previo al inicio de los trabajos es necesario tener la zona de obra en total liberación para poder hacer posesión de la misma y en consecuencia realizar los trabajos, todo de conformidad y sin ningún atraso en la ejecución de la misma.

## 5.6 PRELIMINARES.

Como primera actividad se preparan, conforman y construyen las áreas para:

- Almacén y patio de habilitado de tubo espiroducto.
- Almacén y patio de habilitado de acero de refuerzo.
- Oficinas del personal técnico y equipo del laboratorio de control de calidad.
- Patio de soldadura.
- Taller de maquinaria.

Una vez terminada la movilización de equipos, maquinaria mayor, menor y materiales, se procede a los trabajos preliminares tales como:

## 1. FABRICACIÓN DEL ESCANTILLÓN.

La fabricación del escantillón se realiza en base a planos estructurales previamente estudiados. Para el diseño de esta estructura se hicieron varias consideraciones como: distribución de las pilas, fuerzas actuantes sobre la estructura, zancos ó lápices, estratos de empotramiento, selección de las dimensiones óptimas del escantillón tomando en cuenta el alcance de los equipos y la proyección de las pilas de cimentación; además de tomar en cuenta las cargas por viento y marea. Esta estructura tendrá unas guías en la parte superior. Mismas que guiarán la perforación de las pilas, dándole la posición exacta que satisfaga las condiciones topográficas que el proyecto lo requiera. En la construcción del escantillón se utilizan materiales que cumplan con las especificaciones de la ingeniería del mismo.

## 2. HABILITADO DE PLATAFORMAS FLOTANTE.

Para el habilitado de las plataformas flotantes se ensamblan pontones tipo flexi-float, para dar una distribución que satisfaga las necesidades de área de trabajo, maniobrabilidad, acomodo y sobre todo capacidad para soportar las cargas en maniobras de perforación, izaje y colocación de acero y concreto. Su ensamblaje se realiza con una grúa hidráulica de 15 tn. de capacidad realizando el arreglo de pontones mediante un machihembrado existente en cada elemento.

## **5.7 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.**

### **5.7.1. TOPOGRAFÍA.**

Como se mencionó anteriormente, la topografía inicia con la realización del levantamiento topo-batimétrico que servirá para establecer y trasladar las líneas y niveles de los planos. A los sitios donde se construirá la obra, ubicando las estructuras: apoyos o zapatas, pilas de cimentación, etc.

Estos trabajos se efectúan con el empleo de aparatos y accesorios topográficos como son: estaciones totales, tránsito, niveles, ecosonda, prismas, balizas, cintas, estadales, boyas, etc.

Los trabajos de trazo y nivelación topográfica se realizarán durante todo el desarrollo de la obra, teniendo un control topográfico sistemático para ubicar correctamente las posiciones definitivas de las estructuras conforme al proyecto ejecutivo.

El trazo del punto se realiza con el apoyo de topografía y lancha, marcando con boyas los puntos de referencia para ubicar el escantillón e hincar los zancos (lápices) de soporte. La plataforma de pontones que soporta la grúa y el escantillón, se coloca al pie del apoyo donde se perforarán las pilas. Posicionada la barcaza se fija con lápices que se lanzan a través de los portalápices incrustándose en el fondo marino. Posteriormente los lápices se hincan o penetran más en el fondo marino, utilizando la grúa y un martinete ó vibrohincador. Para los desplazamientos

de las barcasas y/ó plataformas será por medio de un remolcador y/ó lanchas.

Para el posicionamiento del escantillón en el apoyo por atacar, se montará sobre pontones flexi-float ó similar y se llevará hasta el punto previamente marcado con las boyas, una vez ahí se fijará al fondo marino por medio de los lápices que se lanzan e hincan en el fondo marino utilizando la grúa y el martinete ó vibrohincador. Se colocan primero los lápices de los extremos opuestos para garantizar la alineación del escantillón y posteriormente se colocarán los otros dos. Los lápices contarán con marcas a cada metro para obtener la profundidad ó nivel de penetración en el fondo marino.

Una vez en posición se procede a izar el escantillón con la grúa con la finalidad de retirar los pontones para posteriormente bajarlo a su posición final de trabajo, donde se fijará a los lápices por medio de pernos. Se deberá contar con accesos adecuados de las barcasas al escantillón (pasarela de acceso).

Colocado el escantillón se posicionan las guías pasarelas sobre este, para realizar el afine topográfico, fijando éstas con soldadura en la posición final que marca el centro de cada pila de cimentación.

### 5.7.2 IZAJE Y COLOCACIÓN DE ADEME METÁLICO.

El ademe metálico es de tubo de acero de 1.55 m. de diámetro interior y cuenta con una longitud entre 15 y 20 m., misma que se ajustará durante el hincado de ademes, de acuerdo a la profundidad del lecho marino.

Se toma con las mordazas del vibrohincador y es colocado con la grúa American en el escantillón metálico a través de las guías pasarelas que fueron previamente fijadas con topografía, bajándose hasta el nivel del lecho marino.

Se verifica la posición, ángulo horizontal y vertical de la camisa metálica con topografía y nivel de gota. Una vez verificado se procede al hincado, activando el martillo vibrohincador PTC 30H-1 ó similar, se embona la camisa para obtener el mismo grado de inclinación para que al activar el martillo las cargas sean completamente axiales y no existan desplazamientos en dicha camisa. El hincado de la camisa será hasta que de un rechazo adecuado y/ó hasta desplantar en un estrato firme.

### 5.7.3 PERFORACIÓN DE PILAS.

Para realizar la perforación se utiliza una perforadora rotaria marca Soilmec modelo R622 HD, utilizando el método convencional de perforación con barretón, broca espiral y/o bote de perforación de 1.50 m. de diámetro, utilizando uno u otro de acuerdo con las características del suelo encontrado durante la perforación.

Se coloca el arreglo de pontones que traslada a la perforadora en donde se encuentra ya el escantillón con los ademes colocados, fijándola al lecho marino por medio del hincado de los lápices de 20” de diámetro.

Una vez colocada la perforadora en el punto de perforación el operador nivela su pluma, dando así, el inicio de la perforación hasta el nivel de desplante de pilas, indicado previamente por topografía. La forma de medir la profundidad de perforación es apoyándose con el sistema electrónico de la perforadora que señala la profundidad del barreno, tomando como base las medidas de la longitud de la broca barrenadora y las extensiones que apoyan a la misma cuya longitud es conocida y/ó por medio de una sonda que tiene calibrado su cable a cada metro.

La verticalidad del equipo de perforación, se controla continuamente utilizando el sistema electrónico y automatizado, que fija el mástil de manera vertical, también se puede corroborar su verticalidad utilizando triples de varilla con dos plomadas de hilo situadas perpendicularmente a 90° de la posición del eje del barreno a distancias adecuadamente de la máquina.

El tiempo que transcurra desde el término de la perforación, hasta el colado de la pila, no debe ser mayor a 24 horas en ninguna circunstancia, en caso contrario, se debe de confirmar que no existió ningún caído en lo largo de la perforación y que continúe la longitud original de perforación, de lo contrario se tendrá que meter el equipo de perforación nuevamente para lograr las características antes mencionadas.

#### 5.7.4 TIRO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION.

El material producto de la excavación es vaciado en el cauce del río, esta acción se realiza simultáneamente al proceso de la perforación, no teniendo ninguna consecuencia debido a que todo el material producto de la excavación es esparcido en un área del lecho marino conjunta al área donde se construyen las pilas de cimentación.

#### 5.7.5 COLOCACIÓN DE TUBO ESPIRODUCTO.

El tubo espiroducto cuenta con un diámetro interior de 1.50 m. y es armado en longitudes de 15 a 20 m. Esta longitud se afina durante el transcurso de construcción de las pilas.

El ízaje de éste se hace con la grúa American y se coloca en la perforación previamente hecha y hasta una profundidad de por lo menos 0.5 m. por debajo del tubo ademe, fijándose el tubo espiroducto con el tubo ademe por medio de alambrón, para evitar que se desplace más de lo requerido dentro de la perforación.

El espiroducto se sujeta e iza con eslingas de poliéster, para no maltratarlo y es colocado con la grúa en el interior de la camisa (tubo de acero de 1.55 m. de diámetro) que fue previamente hincada, deslizándolo hasta depositarlo en el fondo de la perforación. Para bajar el espiroducto se le colocan separadores metálicos para que este quede concéntrico a la camisa de acero. Para realizar el hincado se embona el espiroducto con el gorro del martillo, verificando que este con el mismo grado de inclinación vertical y horizontal del tubo de 1.55 m. de diámetro, con la finalidad de que al activar éste, la energía de impacto se transmita de manera axial. El espiroducto se

hinca con el vibrohincador y/o martillo de impacto hasta que se logra incrustar en subsuelo la longitud óptima para que no se tengan fugas de concreto por esa zona.

#### 5.7.6 COLOCACIÓN DE ARMADO DE ACERO.

Todo el acero de refuerzo solicitado para el refuerzo de las pilas de cimentación, debe tener a su recepción en obra, el certificado de calidad que ampare el resultado de las pruebas físicas y análisis químicos realizados por el proveedor, para la liberación de su producto en base a su clasificación y/o indicación particular del lote de material (N° de colada).

El acero de refuerzo virgen o habilitado colocado en el patio de almacenamiento no debe estar en contacto directo con la humedad o el piso, entre cada capa o estiba de acero de refuerzo se debe de colocar separadores de varilla o polines de madera que impida que el acero no sufra deformaciones y que esté almacenado de acuerdo a su diámetro.

El habilitado se efectúa de acuerdo a lo indicado en las hojas de nomenclatura de los planos ejecutivos, así mismo tomando en cuenta las especificaciones particulares del proyecto y en caso necesario, los requerimientos de habilitado que sean aplicables y que estén señalados en los planos de construcción.

El acero de refuerzo que presente oxidación, escamas o una combinación de ambas será tratado mediante el cepillado a mano o por medios mecánicos, se considera satisfactorio el material si conserva sus dimensiones mínimas y no son menores que lo requerido por la norma,

incluyendo las corrugaciones, además de conservar el peso especificado por metro lineal.

La colocación del acero de refuerzo se efectúa como lo indican los planos ejecutivos del proyecto, tomando en cuenta los traslapes establecidos según el diámetro de la varilla, los recubrimientos mínimos especificados, el armado de acero tendrá que estar perfectamente amarrado con alambre recocido, para que no permita la deformación y desviación del acero con el tránsito o traslado a su lugar de colocación.

En la cara exterior del armado de refuerzo, se le colocan separadores de concreto, plástico o acero (pollos), para garantizar el recubrimiento de concreto mínimo especificado.

El traslado del armado de refuerzo, del patio de habilitado al sitio donde será colocado (pila de cimentación), se realiza por medio de las plataformas remolcadas mediante vehículos marítimos.

Su izaje se realiza con una grúa que dependerá del peso y longitud de los armados, se coloca en la perforación hasta el nivel de proyecto indicado para cada una de las pilas, fijándolo al tubo ademe con ganchos de varilla de pulgada, con el fin de que no existan desplazamientos en el transcurso del lavado y colado de la pila.

#### 5.7.7 LAVADO DE PERFORACIÓN.

Éste se realiza con el método de limpieza conocido como air-lift, utilizando la misma tubería de colado (Tremie), aplicándole el aire a presión

por medio de un distribuidor de aire colocado en la parte inferior de la tubería, el cual actúa como una aspiradora que desaloja los residuos de perforación desde el fondo de la misma, a través de la tubería hasta la superficie, terminando el proceso hasta que el fluido desalojado no presente lodos o residuos de perforación.

#### 5.7.8 COLADO DE PILAS.

Se realiza a tiro directo (gravedad), ya que las ollas de concreto premezclado tienen acceso hasta la garganta de la tubería tremie colocada en la pila a colar.

Para el vaciado en la pila se utiliza tubería tremie (10" de diámetro) y cono de colado misma que se posiciona a una distancia de aproximadamente .50 mts del fondo de la excavación. Para evitar disgregación y/o contaminación del concreto con el agua, se coloca un balón de colado (diablito) que quede justo al diámetro de la tubería, previo al inicio del vaciado de primera olla. Al iniciar la descarga del concreto en el cono de colado de la tremie, desplazando el balón y este a su vez el agua, hasta depositar el concreto en el fondo de la perforación. Debido al mayor peso específico del concreto, este desplaza el agua a la parte superior, de tal manera que se logra un desplazamiento continuo, manteniendo una sola superficie de contacto, que es la del primer volumen del concreto colocado. Es de gran importancia que durante el proceso de colado la tubería tremie permanezca siempre ahogada en el concreto, como mínimo 1.5 m. para evitar el riesgo de que esta se salga del concreto y se tenga una contaminación con el agua.

El suministro de concreto debe ser oportuno, con la finalidad de que en el interior del barreno se mantenga fluido durante el proceso de colado, evitando con esto riesgos de pérdida de revenimiento y por lo tanto dificultades en el correcto desplazamiento y acomodo en el interior del mismo. Es recomendable utilizar en el concreto aditivos fluidizantes ó superfluidizantes retardantes de fraguado.

Una vez que el concreto se tiene al nivel de proyecto, y éste salga totalmente limpio, se procede de inmediato a extraer el total de la tubería tremie, para evitar que se fragüe el concreto en su interior.

#### 5.7.9 RETIRO DE ADEME METÁLICO.

Una vez concluido el colado de la pila al nivel de proyecto y teniendo un tiempo adecuado de fraguado, se procede al retiro del tubo de ademe, utilizando para ello la grúa estructural y el vibrohincador, concluyendo de esta manera la construcción de la pila. El ademe se aloja y transporta a una nueva posición sobre las barcazas.

#### 5.7.10 RETIRO DE ESCANTILLÓN Ó TEMPLETE.

Una vez repetido el proceso anterior en cada una de las pilas, en una posición del escantillón, se procede a desarticular la escalera para retirar la estructura y poder ser utilizado en otro apoyo. Para el retiro del escantillón se estroba y sujeta con la grúa estructural, se extraen los pernos de fijación y se realiza el izaje de la estructura para apoyarla en los pontones flexifloat, para posteriormente retirar los lápices.

## TOLERANCIAS

La máxima desviación permisible en la localización de la pila de cimentación es de 7.5 cm. en cualquier dirección y con respecto a su alineamiento vertical, la tolerancia máxima permisible es del 2% respecto a la longitud de la pila, la profundidad de hincado no debe ser diferente en 25 cm. de la profundidad de proyecto registrando en anexo 1 de este procedimiento.

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Es un requisito del Departamento de Seguridad, para la actividad que refiere este procedimiento, que el personal este capacitado, especialmente sobre los riesgos a los cuales se puede enfrentar en la actividad que va ha desarrollar, como también el uso obligatorio de los elementos de protección personal. El acceso a esta área deberá ser restringido.

La zona de trabajo, se deberá mantener limpia, iluminada, libre de obstáculos, debidamente señalizada y en condiciones de seguridad.

## RECURSOS.

Para realizar la construcción de pilas en el agua se contó con una cuadrilla de personal especializado por turno, así como equipo de perforación y materiales adecuados los cuales se muestran en los anexos 4,5 y 6.

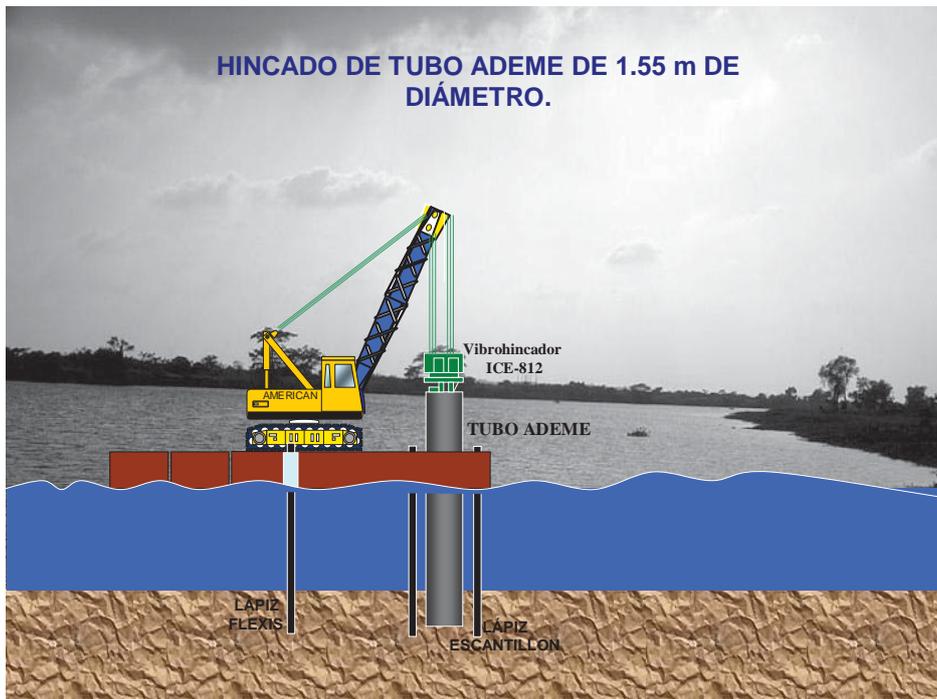
## CONTROLES Y REGISTROS.

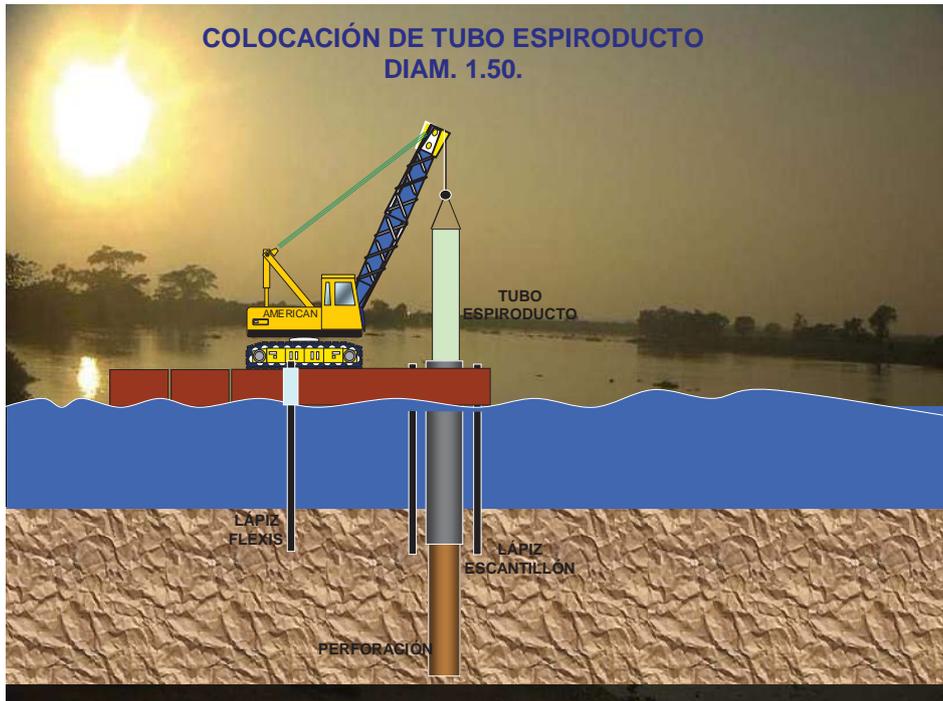
El control se lleva mediante el llenado de un formato en el que se registran los niveles, longitudes, volúmenes, estratigrafía, ciclos de trabajo y observaciones, mostrándose en el anexo 1, se realiza una planeación y planteamiento para la forma y la secuencia de ataque de la construcción de las pilas de cimentación, como se muestran en los anexos 2, 3, 7, 8. Como también se realizan documentos de apoyo y control, como los son: plantilla de personal, inventario de maquinaria, programa de materiales, anexos 4, 5, 6. Y por último se realiza un control final, que se tiene que llenar con los datos que se generan en el momento de la fabricación de las pilas de cimentación, como se muestra en el anexo 9.

**PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE PILAS  
DE CIMENTACIÓN PARA EL PUENTE OTAPA  
MINATITLÁN VERACRUZ.**



**HINCADO DE TUBO ADEME DE 1.55 m DE  
DIÁMETRO.**





**COLOCACIÓN DE ARMADO DE VARILLA.**



**COLADO DE PILA A TIRO DIRECTO Y/O CON BOMBA.**



# EXTRACCIÓN DE TUBO ADEME DE 1.55 m DE DIAMETRO.



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.**

**PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**



**MOVILIZACIÓN Y PRELIMINARES.**



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.**

**PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**



**PRELIMINARES Y COLOCACIÓN DE ESCANTILLÓN.**



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.  
PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**



**COLOCACIÓN DE ESCANTILLÓN, ADEME Y PERFORACIÓN DE PILA.**



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.  
PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**

**COLOCACIÓN DE TUBO ESPIRODUCTO.**



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.  
PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**



**COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO.**



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.  
PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**

**LAVADO DE PERFORACIÓN Y ARMADO DE  
TUBERÍA TREMIE.**



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.  
PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**



**COLOCACIÓN DE TUBERIA TREMIE Y TRASLADO DE CONCRETO.**



**PROCEDIMIENTO FOTOGRÁFICO.  
PILAS DE CIMENTACIÓN "PUENTE OTAPA"**



**COLOCACIÓN DE CONCRETO, EXTRACCIÓN DE ADEME Y TERMINACIÓN DE PILA.**



## CONCLUSIONES.

- Habiendo tenido la fortuna de participar en éste proyecto, pude darme cuenta de la gran importancia que tiene el hecho de considerar los factores determinantes del sitio en el que se realiza una obra, el trazo de la estructura, así como sus implicaciones técnicas, logística y construcción, es decir, todas aquellas actividades que intervengan directa o indirectamente en la ejecución de los trabajos y que serán fundamentales para la producción, suministro o acopio de los recursos, según sea el caso, con la finalidad de cumplir cabalmente en forma y tiempo con la ejecución de la obra.
- Otro aspecto de fundamental importancia en éste y cualquier proyecto, es la consideración de un esquema organizacional que garantice la correcta ejecución de los trabajos tanto en calidad como en tiempo, así como el cumplimiento de todas las instrucciones que se reciban durante el proceso constructivo, mediante: las especificaciones generales, especificaciones particulares, proyecto ejecutivo, reglamentos, disposiciones, lineamientos, recomendaciones, etc.
- De igual manera es necesario establecer en sitio la infraestructura necesaria para el apoyo a las diversas áreas de producción y control que requiere el proyecto.
- De la cimentación en cualquiera de sus variedades, dependerá completamente del éxito en un proyecto, ya que si en ésta existieran deficiencias y/o errores, se verán reflejados inmediata y continuamente en la vida de la obra.

- La realización de la cimentación de este proyecto, nos dio la oportunidad enfrentarnos a situaciones complejas y variables, que tuvieron que ser resueltas de forma rápida e eficazmente, su complejidad provino al ser una cimentación especial (profunda) y estar situada dentro de un cauce de un río.
- La formación del Ingeniero Civil, debe ser completa y actualizada en todos los aspectos, con el fin de tener las bases suficientes para enfrentar todas las responsabilidades y obligaciones que se le presentarán a lo largo de su ejercicio profesional.

## INFORMACIÓN TÉCNICA Y REFERENCIAS APLICABLES

Manual de Cimentaciones Profundas de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. 2001.

Crespo Villalaz, Carlos, Mecánica de suelos y cimentaciones, Limusa, Cuarta edición.

Aavv, Maquinaria para la construcción, obra civil y edificación

J. M. Ruiz, Taviel, Ingeniería de Construcción pesada, Addison-Wesley Iberoamericana 1992.

Antonio Miguel, Saad, Tratado de Construcción, Tomo I, II, Cecsca 1989.

Especificaciones, normas y planos ejecutivos de la obra.