



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

28
56

EXCAVACIONES Y CIMENTACIONES.

Procedimientos para el abatimiento del nivel freático

T E S I S

Que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a :

Romeo Antonio Cruz Malpica

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

- I. CIMENTACIONES Y EXCAVACIONES
 - 1.1 OBJETIVO DE LA CIMENTACION.
 - 1.2 CLASIFICACION DE LAS CIMENTACIONES.
 - 1.3 TIPOS Y DESCRIPCION DE CIMENTACIONES.
 - 1.4 REQUISITOS DE UNA CIMENTACION.

- II. ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO EN EXCAVACIONES.
 - 2.1 METODOS PARA EL ABATIMIENTO DURANTE LA EXCAVACION.
 - 2.2 CONTROL DEL ABATIMIENTO DURANTE LA EXCAVACION.
 - 2.2.1 GENERALIDADES.

- 2.3 ANALISIS DE LAS FORMULAS DE DISEÑO.
- 2.4 APLICACION DE LOS POZOS FILTRANTES CON ELECTROOSMOSIS.
- 2.5 APLICACIONES.
- 2.6 FENOMENOS CONEXOS OCASIONADOS POR EL BOMBEO Y POR EL SISTEMA ELECTROOSMOTICO.
- 2.7 PROCEDIMIENTO DE HINCADO.
- 2.8 MANERA DE ENDEREZAR UN EDIFICIO.

III. CONCLUSIONES.

IV. COMENTARIOS .

CIMENTACIONES Y EXCAVACIONES

INTRODUCCION

OBJETIVO DE LA CIMENTACION.

Todas las obras de ingeniería civil, como edificios, puentes, presas, bordos, caminos, aeropistas, canales, etc. se desplantan sobre o bajo la superficie del terreno y requieren de una cimentación apropiada que proporcione seguridad y buen comportamiento a costos razonables.

Una cimentación es aquella parte de la estructura que sirve exclusivamente para transmitir su peso al terreno natural.

En un sentido más amplio, una cimentación es la o las partes de una estructura que le proporcionan apoyo a la misma y a sus cargas, incluye al suelo o roca y a las partes de la estructura que sirven para transmitir las cargas.

Así en un edificio cimentado sobre zapatas, la cimentación está constituida por el conjunto zapata-suelo. En una cortina de tierra, el elemento de cimentación es el propio terreno que la subyace.

La ingeniería de cimentación es una rama de la ingeniería civil que trata sobre la evaluación de la capacidad del terreno para soportar cargas y sobre el diseño de los elementos de transmisión de cargas de una estructura al terreno.

Los requisitos esenciales que debe satisfacer una cimentación son:

- Un cierto factor de seguridad contra fallas por resistencia al corte.
- Los asentamientos bajo las cargas de trabajo no deben exceder los límites permisibles de la estructura de que se trate.

Para el estudio de cimentaciones van a interesar tres propiedades mecánicas principales de los suelos:

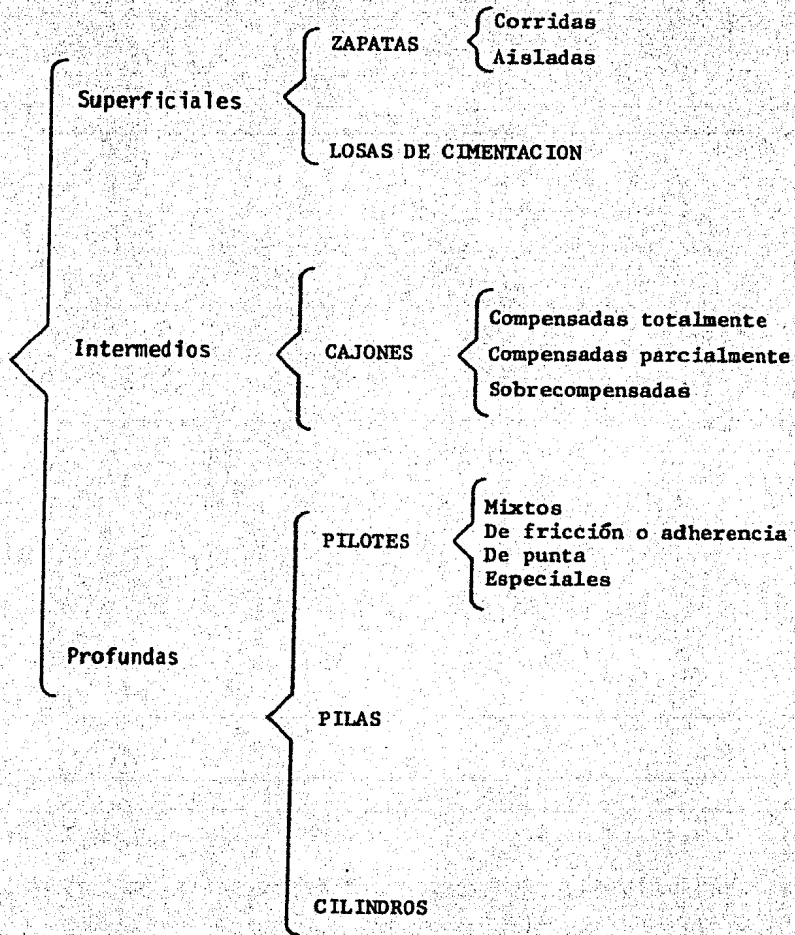
- . Resistencia al corte
- . Compresibilidad
- . Permeabilidad.

En el estudio de la cimentación de una cortina de una presa interesarán las tres propiedades, en el caso de un edificio interesarán las dos primeras propiedades, excepto cuando se efectuaran excavaciones bajo el nivel

freático donde también interviene la tercera propiedad para fines de construcción.

CIMENTACIONES
CLASIFICACION DE LAS CIMENTACIONES

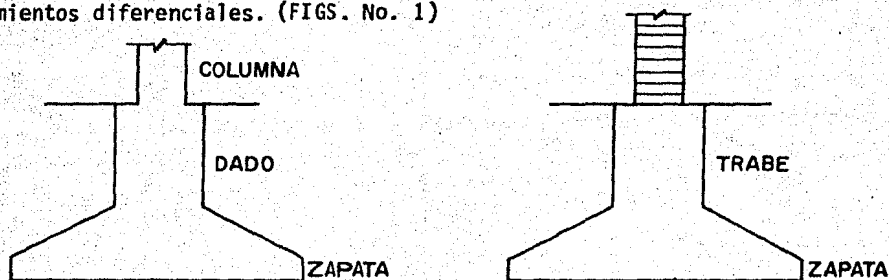
**CIMENTACIONES
DE ESTRUCTURAS
DE CONCRETO O
ACERO**



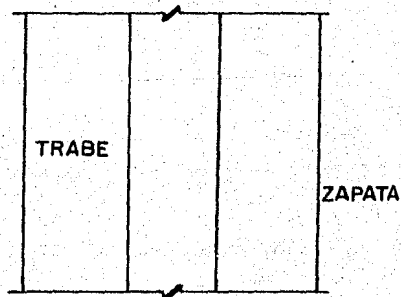
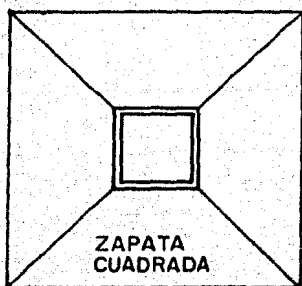
TIPOS Y DESCRIPCION DE CIMENTACION.

Las zapatas aisladas se emplean como elementos de cimentación bajo columnas y las zapatas corridas bajo muros de carga

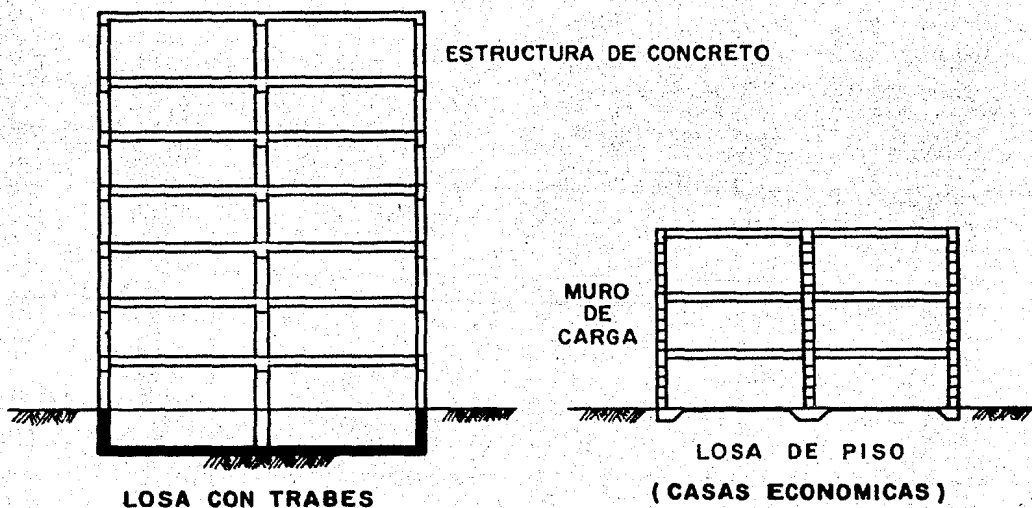
En ocasiones se utilizan zapatas combinadas, las cuales reciben las descargas de dos o más columnas, siendo su finalidad reducir los asentamientos diferenciales. (FIGS. No. 1)



(FIGS. NO.1)



Las losas de cimentación se utilizan cuando se requiere reducir la presión de contacto con el terreno (esto no es una regla general).



(FIG. NO.2)

CAJONES DE CIMENTACION.

Se emplean en terrenos compresibles para reducir la descarga neta y así evitar incrementos de presión en la masa del subsuelo que pudieran producir asentamientos intolerables. (FIG. No. 2).

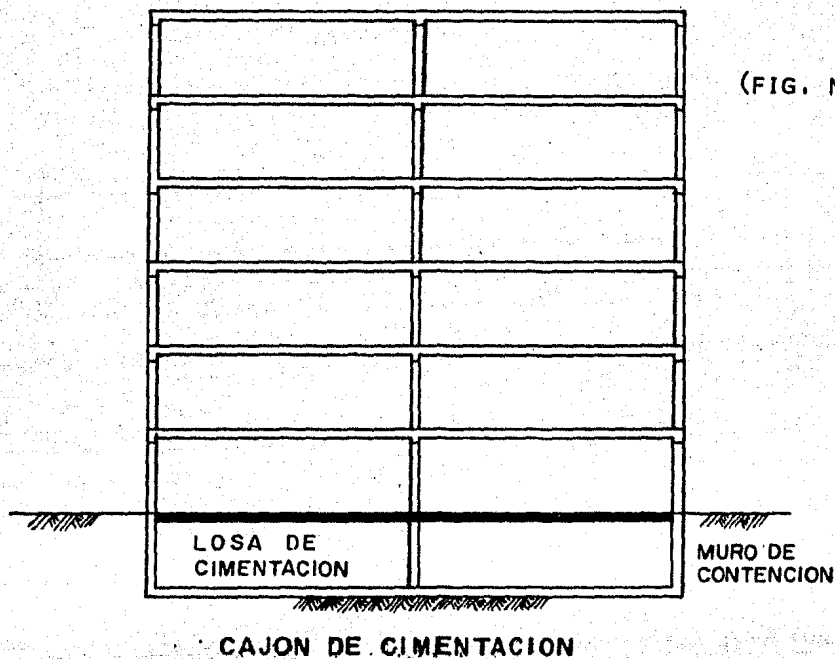
Cuando la descarga neta se hace igual a cero, la cimentación se llama totalmente compensada. Para lograr ésto, se requiere excavar un volumen de terreno tal que su peso sea igual al peso del edificio debido a las cargas permanentes.

Si la descarga neta es sólo una fracción del peso del edificio, la cimentación se llama parcialmente compensada. La descarga neta se calcula en

tal forma que el incremento de presiones en la masa del subsuelo, producida por la misma, sólo ocasiona iguales o menores que los tolerables. (FIG. No. 3).

En algunos edificios ligeros con sótanos o en estructuras totalmente enterradas, donde el peso del terreno excavado es mayor que el de la estructura, las presiones efectivas del subsuelo sufren decrementos. Este tipo de cimentación se llama sobrecompensada.

Los cajones generalmente están formados por las losas de cimentación y de tapa reticular de traveses y muros de contención.



Cuando las capas del subsuelo cercanas a la superficie son muy compresibles, formadas por arcillas muy blandas, suelos orgánicos y turba o limo y arena en estado suelto, se utilizan cimientos profundos constituidos por elementos alargados que transmiten parte o todo el peso del edificio a estratos profundos resistentes o menos compresibles que las capas superiores. Algunas veces el costo elevado y los problemas de construcción, además de un mal comportamiento de cimientos superficiales, conducen al empleo de los profundos.

PILOTES DE FRICCIÓN (Adherencia).

Transmiten al suelo la carga que a la vez les transmite la estructura, a través de la superficie lateral, siendo la carga transmitida en la punta sólo una fracción pequeña de la total, generalmente despreciable. Cuando la fuerza resistente del terreno se debe a la cohesión, como en el caso de pilotes hincados en arcilla, se les llama pilotes de adherencia.

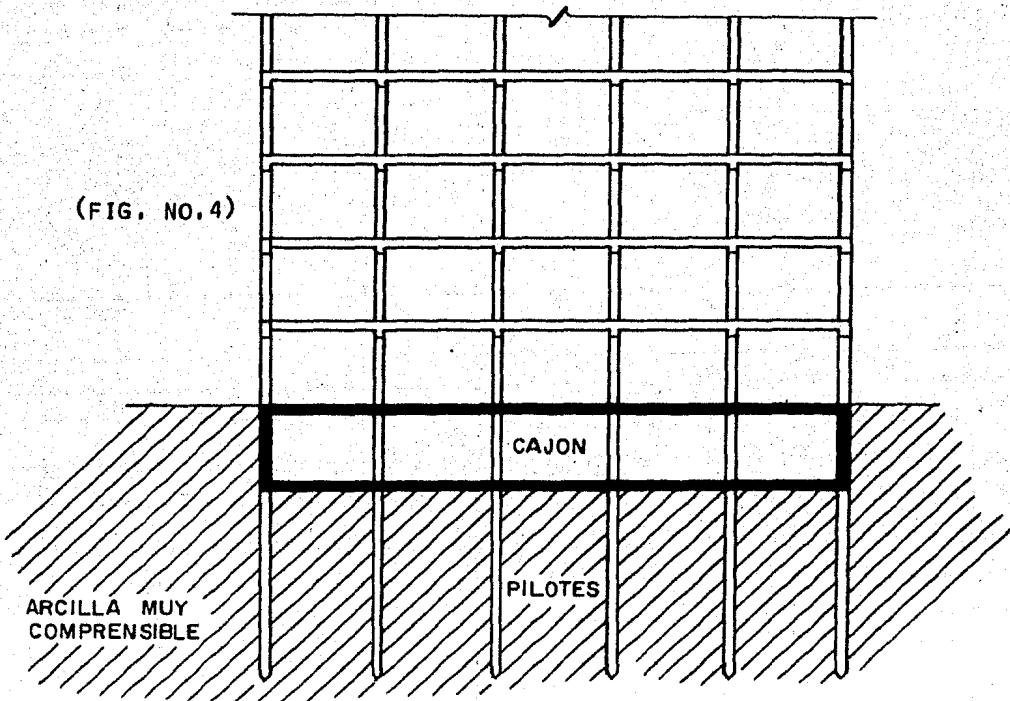
Si la fuerza resistente se debe a la fricción entre pilote y suelo granular se les llama pilotes de fricción.

En muchos casos, como ocurre en la Ciudad de México, donde el subsuelo es muy compresible, los pilotes de adherencia se utilizan junto con un

cajón que compensa parte del peso del edificio. La carga no compensada es transmitida a los pilotes para evitar asentamientos intolerables. (FIG. No. 4).

Esta solución tiene ventajas como:

- 1) Reducir la profundidad de excavación y, por lo tanto el costo y facilidad de construcción, que el caso de una cimentación totalmente compensada.
- 2) Que el edificio se hunda con la misma velocidad que la superficie del terreno.



PILOTES DE PUNTA.

Transmiten toda o la mayor parte del peso del edificio por la base o punta a la roca o estrato de suelo muy resistente y poco o nada comprensible.

PILOTES MIXTOS.

Son aquellos en los que el trabajo de adherencia o fricción es tan importante como el de punta.

PILOTES ESPECIALES.

Son los llamados pilotes penetrantes de acción variable, con estos pilotes se pretende evitar que los edificios emerjan por efecto de la consolidación regional haciendo que la punta del tramo inferior esbelto, penetre en la capa dura una vez que la fricción negativa haya alcanzado un valor suficiente.

PILAS.

Son elementos de dimensiones mayores que las de los pilotes siendo, por lo tanto de una capacidad de carga más alta.

Son elementos prismáticos colocados en una perforación y que se apoyan en roca o suelos compactos o duros. Generalmente en su extremo inferior tienen una ampliación llamada campana. Las condiciones del subsuelo y los procedimientos constructivos son factores que determinan su uso.

LOS CILINDROS.

Son elementos huecos de grandes dimensiones cuya capacidad de carga es mucho mayor que la de las pilas. Se utilizan generalmente para la cimentación de los apoyos de grandes puentes y de otras estructuras pesadas.

Se utilizarán cajones de cimentación, cuando la cimentación tiene grandes dimensiones en planta y se localizan a gran profundidad bajo el agua, éstos se hunden hasta el desplante a medida que se construyen en la superficie.

Pueden ser de dos tipos, abiertos o neumáticos con aire comprimido, los abiertos están hechos sin tapa en la superficie como en el fondo, y el material excavado se extrae con draga de succión o con cucharón de almeja.

REQUISITOS DE UNA CIMENTACION,

La cimentación debe cumplir con los requisitos de estabilidad y economía, en cuanto a la estabilidad, la cimentación deberá proporcionar un buen comportamiento a la estructura, debiendo cumplir con los siguientes tres requisitos básicos.

- 1) La cimentación deberá localizarse apropiadamente para evitar cualquier influencia futura que pudiera afectar su comportamiento.
- 2) La cimentación debe ser segura contra fallas por resistencia al corte del subsuelo.
- 3) La cimentación no debe asentarse o deformarse más allá de los valores tolerables para evitar daños y separaciones de la estructura.

Los tres requisitos son difíciles de determinar ya que intervienen factores muy diversos, los cuales no pueden evaluarse analíticamente, sino utilizando un buen criterio ingenieril.

Los tres requisitos son independientes uno del otro, pero cada uno debe satisfacerse, ya que si cualquiera de ellos falla la cimentación es inadecuada.

Se deben aplicar en forma racional estos requisitos para evitar diseños defectuosos, por ejemplo, si la cimentación es excesivamente segura, podría implicar elevados costos y también problemas de construcción.

Generalmente en el estudio de una cimentación para cualquier estructura surgen varias alternativas entre las cuales se deberá elegir la mejor, entendiéndose por la mejor aquella que, además de proporcionar un buen comportamiento a la estructura, sea de fácil realización y económica, por lo tanto para su elección es necesario el conocimiento de aspectos técnicos, constructivos y económicos.

Estos aspectos van estrechamente ligados entre sí y pueden operar inapropiadamente si uno de ellos se desliga del otro, siendo importante para su elección los siguientes factores principales:

- 1) Características de la estructura
- 2) Condiciones del subsuelo.

ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO EN EXCAVACIONES

METODOS PARA EL ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO

- METODO DE POZOS FILTRANTES
- METODO DE POZOS FILTRANTES CON ELECTROOSMOSIS.

CONTROL DEL ABATIMIENTO DURANTE LA EXCAVACION.

- METODO DE ZANJAS O DRENES.

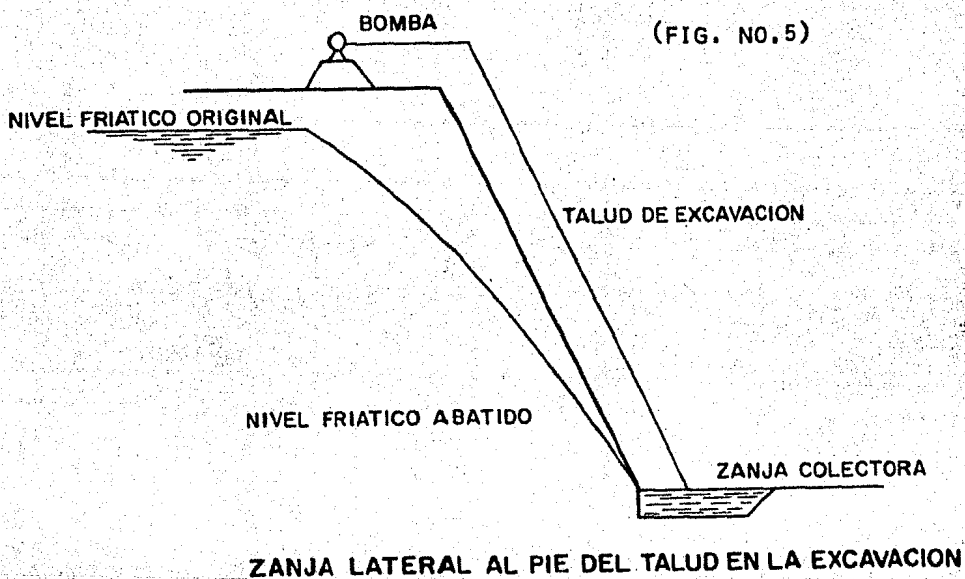
GENERALIDADES.

Si tenemos una arcilla, si podemos hacer la excavación y construcción posterior de la estructura, con una rapidez ideal, no tendremos problemas, ahora el material que se extrae con su contenido natural de agua y su impermeabilidad hará que, si el tiempo de exposición es suficientemente corto, el material no sufre expansiones volumétricas ni cambia su resistencia. En la realidad no obstante, los tiempos de excavación son más reducidos, no se satisfacen esas condiciones ideales y la excavación produce cambios en las propiedades de la arcilla a su alrededor, disminuyendo su resistencia, con las previsibles consecuencias sobre sus táludes y provocando expansiones en el fondo de la excavación.

En suelos estratificados, con estratos permeables y arcillosos alternados, pueden lograrse muy buenos resultados abatiendo las presiones del agua en las capas permeables, en tal forma que el nivel freático quede por abajo del fondo de la excavación.

ZANJAS O DRENES.

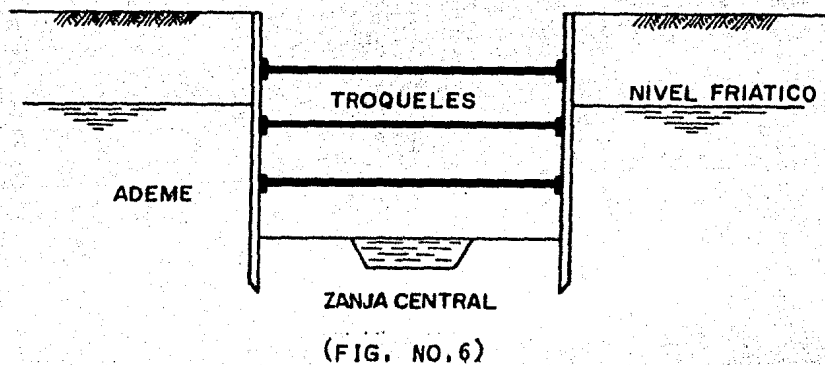
Es el método más simple que podemos utilizar para controlar los efectos del agua en las excavaciones poco profundas, consiste en colocar en lugares apropiados, zanjales a las que el agua llegue por sí sola y de las que es eliminada por bombeo. (FIG. No. 5).



El procedimiento es aceptable en materiales permeables, siempre y cuando tengan por lo menos una ligera cementación y en suelos arcillosos de suficiente resistencia y baja expansibilidad.

Una modificación al anterior procedimiento y que da buenos resultados es hincando una tablestaca de madera, hormigón o metálico en las paredes de la excavación, el agua que fluye hacia el fondo de la excavación es bombeada al exterior. Es conveniente tener una zanja longitudinal de material más permeable que el suelo para drenar a ella fácilmente el agua.

Este método es usado cuando el suelo es relativamente permeable y la excavación no es muy profunda. Cuando usemos este método deberá realizarse un análisis muy cuidadoso de la estabilidad del tablestacado y el efecto del flujo del agua hacia el fondo de la excavación. (FIG. No. 6).



METODO DE POZOS FILTRANTES.

Consiste en pozos de bombeo, de diversos tipos y diseños, en el número suficiente, en el arreglo y profundidad adecuados, para lograr el abatimiento a la profundidad adecuada en la zona de excavación o para el debido control del agua en la zona vecina a la excavación.

METODO DE LOS POZOS FILTRANTES CON ELECTROOSMOSIS.

Este es el método más adecuado para lograr el control del flujo del agua hacia una excavación en el caso de suelos de muy baja permeabilidad (limos plásticos y arcillas), los pozos filtrantes son aptos para aplicar al suelo después de formar una red de ánodos y cátodos el tratamiento eléctrico adecuado de acuerdo con el criterio de diseño.

APLICACION DE ZANJAS O DRENES.

El procedimiento es aceptable en materiales permeables siempre y cuando tenga por lo menos una ligera cementación y en suelos arcillosos de suficiente resistencia y baja permeabilidad y sólo cuando la profundidad de excavación sea relativamente pequeña o cuando la profundidad de excavación sobrepase ligeramente del nivel freático.

CRITERIO DE DISEÑO.

Conocida la profundidad de excavación, el talud que se deberá respetar, así como la posición del nivel de aguas freáticas, el uso de la teoría de las Redes de Flujo es el mejor auxiliar para conocer tanto el estado de presiones en la masa del suelo así como la magnitud del gasto a evacuar.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Conocido el gasto a evacuar tanto en el caso de la excavación a cielo abierto como en la excavación entre tablestacas; éste debe reconocer a las zanjas laterales o a la zanja central para cada caso respectivamente. En la base de la zanja se coloca una cama de material filtro de aproximadamente 5 cm, encima de ella se coloca un tubo colector de albañal de 8" a 10" de diámetro, perforado y con una cierta pendiente del orden del 5%.

Las perforaciones son de 1 cm de diámetro aproximadamente y se practican en hileras a cada 10 ó 20 cm. Los tubos así dispuestos recorren la excavación paralelos a la línea del pie del talud o paralelos a la tablestaca y el agua reconoce a un cárcamo de donde posteriormente es desalojado con una bomba adecuada.

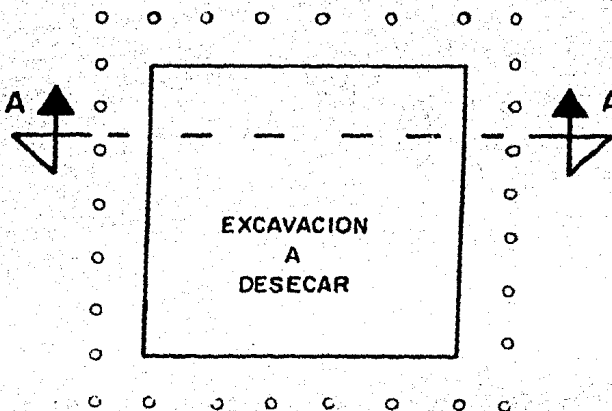
Es interesante hacer notar que un buen filtro debe tener un coeficiente de permeabilidad de 50 a 100 veces mayor que el coeficiente de permeabilidad del suelo que proteja.

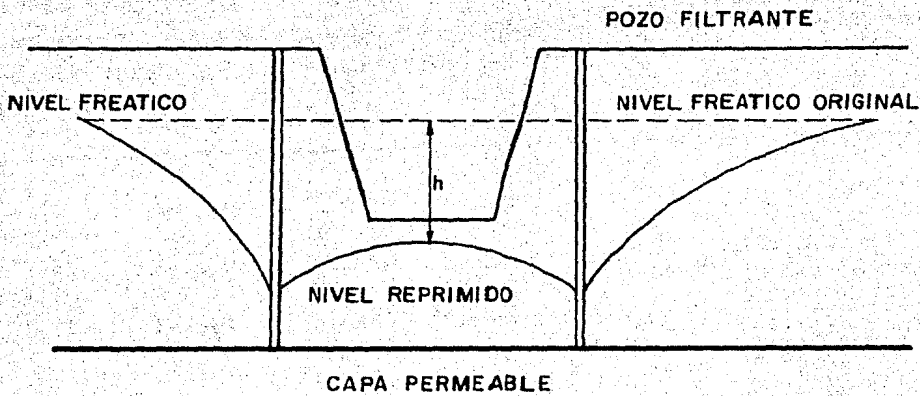
Todo lo anterior nos conduce a pensar que si bien el método es bastante práctico, también obliga a trabajos y medidas de precaución.

Este método tiene como desventaja que la mano de obra se realiza siempre en contacto con el agua, lo cual ocasiona que los rendimientos se reducen, provocando costos más elevados y tiempos de programa bastante prolongados.

APLICACION DEL METODO DE LOS POZOS FILTRANTES.

Se instala alrededor de la excavación, antes de su ejecución, una red de pozos filtrantes.(FIG. No. 7).





(FIG. NO.7)

Las ventajas que tenemos de este arreglo son:

- a) Se trabaja en la excavación completamente seco.
- b) Al descender el nivel freático produce una consolidación y, esto en algunos suelos arenosos permite limitar la excavación mediante taludes con mucha pendiente.
- c) Puede evitarse el fenómeno de ebullición, puesto que un cálculo adecuado de la profundidad de la capa deprimida, puede lograr una carga que permita realizar la excavación como una excavación compensada.

d) Con un análisis ligero a la figura, puede verse que las condiciones de estabilidad en el talud, ahora están por el lado de la seguridad que si el material estuviera sumergido.

ANÁLISIS Y FORMULAS DE DISEÑO.

El diseño de un sistema de bombeo para el abatimiento del nivel freático y/o el abatimiento de presión, requiere de la determinación del número, medida, separación y penetración de los pozos filtrantes y la manera para ser extraída el agua de la capa permeable.

Luego es necesario establecer las relaciones fundamentales entre el gasto de descarga y de los pozos y el correspondiente abatimiento producido en el estrato permeable al cual penetra.

Los pozos son clasificados en artesianos o de gravedad, dependiendo de las condiciones de flujo en el estrato permeable, en el cual se encuentran los pozos. Algunos pozos son la combinación de los dos anteriores.

Para conocer el gasto (Q) a través del elemento se expresa como sigue:

$$Q = K1A$$

En donde:

- Q = Gasto a través del área Δ por unidad de tiempo
- K = Coeficiente de permeabilidad del estrato permeable en la dirección del flujo.
- i = Gradiente hidráulico producido por el flujo.

CANAL DE PENETRACION PARCIAL.

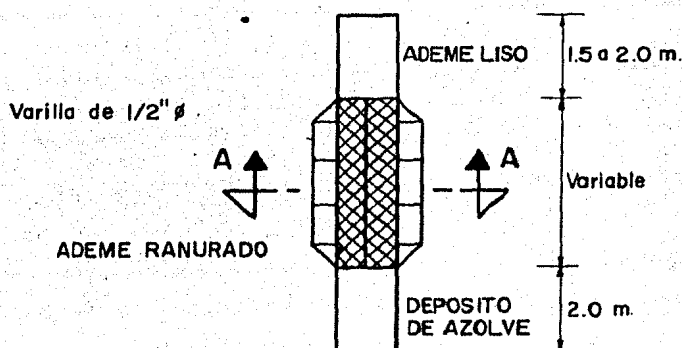
Frecuentemente el espesor del estrato permeable es demasiado grande para permitir el uso económico de pozos de penetración total y, de aquí es necesario estudiar la influencia de un sistema de penetración parcial, tanto en el abatimiento del agua freática como en la reducción de presión en el estrato permeable.

Cuando se tiene una gran longitud en este tipo de canales en el substrato y éste es bombeado, estando localizado en medio y paralelo a dos líneas de abastecimiento, el flujo será simétrico respecto al canal. Este caso es frecuente en la práctica y es discutido para ambos sistemas de flujo artesiano y de gravedad.

El diseño de los pozos junto con la profundidad, serán de un tipo tal que ofrezcan poca resistencia al flujo del agua, a través de la rejilla o de sus ranuras, que además, prevean la infiltración de la arena y de los finos y también que resista la corrosión del agua y del suelo.

Los ademes de los pozos serán de tubo negro de 4" de diámetro interior en cédula 40, estos ademes se ranurarán con el fin de que el agua por bombear penetre libremente en su interior. Las ranuras serán rectangulares verticalmente de 30 cm de longitud y 5 mm de ancho, el porcentaje del área de infiltración es recomendable que sea mayor que el 4% y menor que el 10% del área perimetral del tubo. Alrededor del tubo se enrolla una tela de malla de plástico o de alambre para prever la infiltración de la arena.

Para garantizar que el ademe quede centrado en la perforación, es necesario proveerlo de Aletas Radiales (FIG. No. 8).



(FIG. NO.8)

La profundidad de los pozos, en ocasiones es necesario abatir el nivel por debajo de la máxima cota o profundidad de excavación, ésta será cuando el fin principal que se persiga, sea únicamente trabajar en seco sin importar el abatimiento de presiones. Cuando no sea este el caso, se necesitará hacer un análisis de sobrecargas para la determinación de la profundidad de bombeo necesaria.

$$X = h + h' + Z$$

donde:

- X = Profundidad de los pozos
- h = Suelo situado arriba del nivel freático
- h' = Número de estratos abajo del nivel freático
- Z = Abatimiento por debajo de la excavación.

APLICACION DE LOS POZOS FILTRANTES CON ELECTROOSMOSIS.

La ejecución de excavaciones en terrenos poco permeables, como ciertos limos o arcillas, pueden provocar la falla de taludes a consecuencia de

las fuerzas de filtración que se ejerce sobre ellos, el empleo de tablestacas proporciona a menudo la solución, pero a veces es más económico o sólo posible realizar un cerco o pantalla de pozos filtrantes y aplicar la electroósmosis.

En estos terrenos los pozos filtrantes no son capaces por sí solos de extraer suficiente agua para reducir las fuerzas de filtración, pero haciendo actuar como cátodo en un campo eléctrico en el que los ánodos están relativamente cerca, se aumenta considerablemente su caudal. Los canales de flujo siguen las líneas de corriente eléctrica del ánodo al cátodo, de donde colocando éstos de un modo adecuado se pueden combatir las fuerzas de filtración y asegurar la estabilidad de los taludes.

El fenómeno de la electroósmosis fue descubierto por REUSS hace más de 150 años, observó que si se aplica corriente eléctrica a una membrana rígida y porosa sumergida en agua, ésta última, se retira dentro de la membrana desde el ánodo (polo positivo) hacia el cátodo (polo negativo).

Ahora cuando el agua ocupa un tubo capilar, sus iones positivos están distribuidos de un modo no uniforme, de tal forma que las mayores concentraciones de ellos, se disponen a lo largo de las paredes del tubo capilar, en donde existe carga eléctrica negativa, la concentración de iones con carga positiva en el agua disminuye hacia la parte interior del tubo, siendo mínima a la máxima distancia de las paredes. La zona fuerte de

concentración de iones positivos es la que llamamos doble capa. Naturalmente que, si por alguna razón, este recubrimiento alrededor del tubo de agua ligadas por fuerzas eléctricas a las paredes del tubo capilar y situada en torno al agua libre del interior del tubo se moviera, este movimiento arrastraría a toda el agua que ocupa la sección transversal del propio tubo.

Si la diferencia de potencial se aplica, los iones positivos del agua se moverán hacia el cátodo que se haya colocado y con su movimiento arrastrarán a las moléculas de agua, con lo cual lograríamos nuestro objetivo de abatir el nivel freático.

El gasto que fluye a través de un tubo capilar en ciertas condiciones anteriores es directamente proporcional al gradiente del potencial eléctrico exterior que haya sido aplicado.

En el flujo electroosmótico se mueve a velocidad uniforme, en la práctica se ha observado que, dependiendo del voltaje aplicado y de la separación entre electrodos, la velocidad del flujo, puede variar entre 100 y 10,000 veces la velocidad del flujo hidráulico convencional.

El flujo electroosmótico puede calcularse por medio de la siguiente fórmula:

$$Q = KeieA$$

donde:

K_e = Es el coeficiente de permeabilidad electrosmótico del suelo.

i_e = Gradiente de potencial eléctrico aplicado al suelo.

A = Se aplica como la Ley de Darcy.

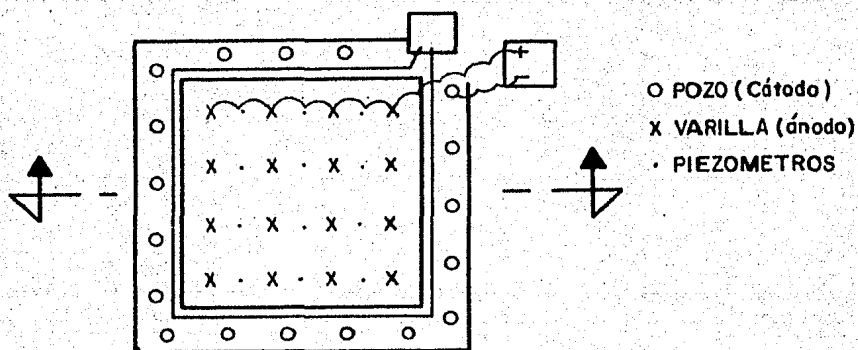
K_e dependerá de la porosidad del material y no de las áreas de las secciones transversales de los tubos capilares.

APLICACIONES.

En el Distrito Federal (D.F.), se ha utilizado con éxito el drenaje electrosmótico para controlar las fallas de fondo en las excavaciones y también evitar la falla de taludes perimetrales.

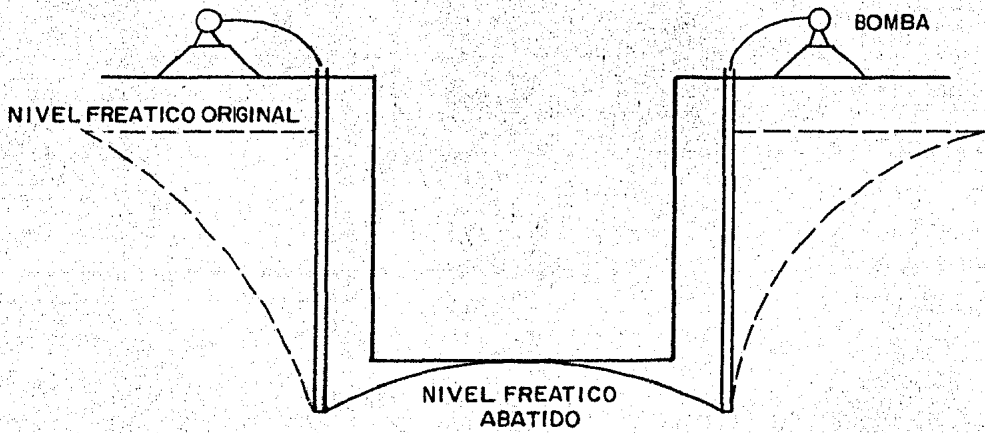
Las instalaciones para este tipo de método, consiste en series de pozos de bombeo generalmente dispuestos en hilera, de tal forma que se forme

una pantalla de captación de flujo. La separación de los pozos es variable, fluctúa entre 4 y 8 m, se han trabajado con buenos resultados, el diámetro de los pozos es del orden de 10" y llevados de 15 a 27 m de profundidad. (FIG. No. 9).



FENOMENOS CONEXOS OCASIONADOS POR EL BOMBEO Y POR EL SISTEMA ELECTROSMOTICO.

En el bombeo estudiado anteriormente tiene como fin principal el logro de la estanqueidad, de las excavaciones; sin embargo, recientemente se ha usado además, de para resolver la estanqueidad, para el abatimiento de presiones hidráulicas en la base del suelo y teniéndose como resultado, la preconsolidación de las cimentaciones en aquellas que se prevé tendrán hundimientos diferenciales apreciables y que por razones circunstanciales no es posible el uso de otras soluciones.



(FIG. NO.9)

El camino a seguir para lograr la preconsolidación deseada será en general como sigue:

- a) Se determina en el laboratorio los hundimientos esperados.
- b) Con estos valores del laboratorio se puede determinar la sobrecarga necesaria para lograr la preconsolidación en un intervalo de tiempo relativamente corto.
- c) Con el valor de la sobrecarga, calculamos el sistema de bombeo más adecuado para utilizar, y observamos en bancos flotantes repartidos en toda el área y lo referimos a un banco de nivel profundo, los movimientos del terreno y cuando los hundimientos logrados sean sensiblemente iguales a los deseados, suspendemos el bombeo y procedemos al relleno y nivelación del terreno en que trabajamos.

De esta manera, se aceleran los hundimientos por el efecto combinado del abatimiento del nivel freático y la sobrecarga del relleno usado en la nivelación del terreno, cuando por razones de permeabilidad el tiempo calculado de bombeo, sea muy extenso se puede utilizar como auxilio el uso de la electroósmosis.

PILOTE ELECTROMETALICO.

Mediante un tratamiento eléctrico al suelo que rodea a un pilote metálico, usando a éste último como ánodo, se ha logrado un incremento notable en la capacidad de carga. En pruebas de tratamiento electroosmótico muy prolongadas se ha llegado a cuadruplicar la resistencia al corte en la arcilla del Valle de México.

En el caso de pilotes metálicos con tratamiento muy prolongado, se puede llegar a tener pérdidas excesivas de sección por escape de iones de fierro. Si el tratamiento se limita a unas cuantas horas con corrientes moderadas, la pérdida de sección resulta, insignificante y en cambio se logra adherencia del orden de 1.5 veces las que corresponden a pilotes de concreto lisos, según resultados de pruebas de extracción.

En general se usan corrientes de 70 voltios, con distancias del orden de 1.8 a 3.2 metros entre los cátodos y el pilote (lo que resulta en gradientes de 0.22 a 0.39 volt/cm), y se limita el tratamiento a tres horas para gradientes de 0.39 volt/cm, y a cuatro horas para gradientes de 0.22 volt/cm. Cuando las profundidades son mayores a los 31 metros se requerirán de 150 a 200 amperios por pilote con diámetro nominal de dos pulgadas.

PROCEDIMIENTO DE HINCADO.

La hincada de este elemento en general se hace por medio de percusión de un martinete de caída libre, usándose el siguiente equipo:

- 1) Un juego de mordazas que aprisionan el tubo
- 2) Un opresor de mordazas que ajusta a éstas y sobre él cae el golpe.
- 3) Un martinete de aproximadamente 150 kgs.
- 4) Un cable manila con el cual se maneja el martinete
- 5) Una torre desmontable para guiar el pilote y que no se mueva, y además da carrera al martinete.
- 6) Un malacate cabeza de gato accionado con motor de 3.5 H.P.
- 7) Una planta soldadora de corriente directa para soldar los tubos y proporcionar la corriente para el tratamiento.

De lo anterior, se concluye que dada la facilidad y economía del equipo, éste es versátil y permite el hincado en zonas de difícil acceso.

El uso común de este elemento es en la recimentación de edificios, que ya construidos presentan cargas y deformaciones excéntricas no previstas o cargas mayores a las consideradas en los cálculos, tales que provocan asentamientos en la cimentación de la estructura.

Con una combinación adecuada del bombeo electroosmótico y el pilote electrometálico se puede lograr muy buenos resultados en el enderezado de edificios, con este criterio.

MANERA DE ENDEREZAR UN EDIFICIO.

- 1) Recibiendo el eje más hundido en una serie de pilotes electrometálicos para evitar que el hundimiento progrese y el eje menos hundido se preconsolida mediante bombeo enérgico y acelerado con la electroósmosis.
- 2) Ya conseguida la verticalidad, este eje se recibiría también sobre pilotes electrometálicos.
- 3) Los ejes que descansen sobre estos pilotes se anclarán en el concreto que en una forma planeada se colocará en cada eje, asegurando así una unión firme y duradera entre cimentación y edificio.

CONCLUSIONES.

Es un hecho que en lo expuesto anteriormente, se pudieron haber establecido las fórmulas y principios teóricos, lo mismo que conclusiones prácticas para el problema de bombeo de un sólo pozo, con sus correspondientes características de trabajo, así como el problema de un conjunto de pozos. Sin embargo, habiendo suficiente literatura donde consultar estos detalles importantes, y considerando de mayor importancia la descripción de los métodos o criterios que menciono, me encaucé al hacer este escrito hacia ese tipo de solución sin tomar muy en cuenta los principios y fórmulas teóricas pero sin olvidar que son de mucha importancia.

COMENTARIOS.

Es recomendable en este caso que lo que se gana en tiempo, abatiendo el nivel freático previo a la construcción de la cimentación, es una inversión que redundará en gran beneficio, ya que los costos se ven disminuidos al incrementarse el rendimiento en múltiples actividades, se tendrán además, condiciones higiénicas de trabajo para el obrero y para todo el personal en general y también condiciones de seguridad, que permitan la buena marcha de una obra de ingeniería.