

Universidad Nacional Autónoma de México
FACULTAD DE INGENIERIA

172

**CIMENTACION DE LA NUEVA BASILICA DE SANTA
MARIA DE GUADALUPE EN LA CIUDAD DE MEXICO,
UTILIZANDO PILOTES DE CONTROL**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A

REGULO NICOLAS TOBON GONZALEZ

MEXICO, D. F.

1981



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

I.- GENERALIDADES	
A) ANTECEDENTES	1
B) CARACTERISTICAS DE ALGUNAS CIMENTACIONES Y DE PILOTES	2
II.- ESTRUCTURACION	17
A) INFRAESTRUCTURA	18
B) SUPERESTRUCTURA	20
III.- PILOTES DE CONTROL	
A) FUNCIONAMIENTO	23
B) RECOMENDACIONES	26
IV.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	
A) TRABAJOS PRELIMINARES	32
B) HINCADO DE PILOTES (EQUIPO Y PROCEDIMIENTO)	32
C) ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO	34
D) EXCAVACION Y RELLENO	46
E) CIMENTACION	53
V.- CONCLUSIONES	57

I.- GENERALIDADES

I-A.- ANTECEDENTES

En el área donde se edificara la Nueva Basílica, se hicieron estudios del subsuelo, debido a los cambios físicos - que se efectúan en todo el suelo de la Ciudad de México; A continuación se hace una breve reseña de estos cambios.

Como se tiene conocimiento, en la época de los Aztecas (Siglo XV) el área que ocupaban los lagos de la cuenca - del Valle de México era mayor de lo que actualmente ocupan, y la actual Ciudad de México esta construida en parte sobre lo - que hace seiscientos años fueron lagos, presentándose problemas de asentamientos bastante considerables. Debido a la expansión de la Ciudad, hoy en día otra parte de la misma se establece en terrenos fuera del área de los lagos, se presentan en este caso también problemas tan importantes como los que existen en la zona de los lagos.

La explosión demográfica urbana de la Ciudad de México plantea varios problemas, tales como: Areas habitables -- disponibles y la dotación de sus servicios; Comunicaciones, -- Energía Eléctrica, Sistemas de Transporte, Red de Alcantarillado y Agua Potable; Con respecto a esta última, el agua dotada por los manantiales naturales del Valle es insuficiente, por lo que se ha recurrido a extraer dicho líquido del subsuelo, lo cual ha provocado el enjutamiento general del suelo y el hundimiento diferencial de las obras civiles.

El enjutamiento medido en los últimos cuarenta --- años, alcanza un valor aproximado de seis metros en la periferia de la Ciudad y hasta ocho metros en la zona central. Se ha medido que la velocidad de enjutamiento era de 50 centímetros - aproximadamente en la década de los cincuenta; Debido a que el volumen de agua que se extrae se ha disminuido y se ha tratado de reintegrar agua al subsuelo, actualmente dicho enjutamiento

es alrededor de un centímetro al mes ó aproximadamente 10 centímetros al año.

La estratigrafía del subsuelo de la Ciudad de México esta formada por: Cenizas volcánicas depositadas en la Cuenca del Valle, contiene también conglomerados, tobas, cantos, limos y arcillas entre las que se encuentran las Montmorilloníticas e Illíticas. El índice de plasticidad I.P. alcanza valores de 215 y la relación de vacíos (e) valores que van desde 400 a 800.

Las características del suelo en la zona de los lagos y el fenómeno de enjutamiento, han ocasionado asentamientos diferenciales en la Basílica original, mismos que han provocado daños en la estructura del templo, tales como agrietamientos en muros y bóvedas que han originado condiciones de peligro a los asistentes. Esto, más la incapacidad del templo para alojar a las personas que asisten a éste, son los factores-determinantes para construir una Nueva Basílica.

I-B.- CARACTERISTICAS DE ALGUNAS CIMENTACIONES Y DE PILOTES.

Los problemas anteriormente expuestos y los diferentes tipos de construcciones que se tienen que soportar sobre el suelo, hacen que la Ingeniería busque y perfeccione tipos y sistemas de construcción en cimentaciones apoyándose primordialmente en la Geotécnia, mediante la cual debemos conocer la estratigrafía del suelo y las características del mismo. -- Así, se originan los siguientes tipos de cimentación:

- 1.- Cimentación de Superficie ó Ampliación de Base
- 2.- Cimentación por Compensación Total ó Parcial
- 3.- Cimentación con Pilotes de Punta
- 4.- Cimentación con Pilotes de Control
- 5.- Cimentación con Pilotes de Fricción

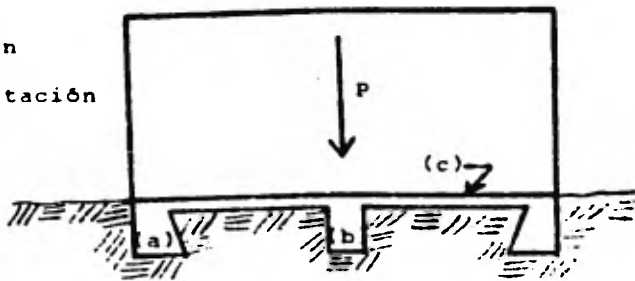
6.- Cimentación por Compensación y con Pilotes de Punta.

7.- Cimentación por Compensación y con Pilotes de Fricción.

La Cimentación, es una estructura formada por la combinación de algunos de los elementos siguientes: Losa de Cimentación, Zapatas aisladas ó corridas; Traveses y Contratraveses, Muros y Pilotes. La función de estos elementos es transmitir la Carga Total de la construcción al suelo. Carga Total es la correspondiente a la carga viva, muerta, por sismo, etc.

CIMENTACION DE SUPERFICIE O AMPLIACION DE BASE.-Se le llama así por que la estructura de la cimentación se encuentra localizada sobre la superficie del terreno ó cerca de ella, Fig. I-1. Por medio de sus elementos estructurales transmite la carga total de la construcción al terreno, la cual deberá ser menor ó igual que la capacidad de carga de éste; entendiéndose como capacidad de carga de un terreno aquella que es capaz de soportar el mismo sin que sufra ruptura ó deformaciones que dañen la construcción.

- a) Zapata de Cimentación
- b) Contratrabe de Cimentación
- c) Losa de Cimentación



$$W = R$$

R = Capacidad de Carga del Terreno

$$W = \frac{P}{A} = \frac{\text{Carga Total de la Construcción}}{\text{Area de Construcción}}$$

FIGURA I-1

CIMENTACION POR COMPENSACION TOTAL O PARCIAL.- El principio en el que se basan, consiste en lograr que el peso del terreno excavado bajo la cimentación compense Total ó Parcialmente el peso de la construcción. En este tipo de cimentación, al efectuar la excavación, el terreno en el fondo de la misma queda liberado de las cargas a que se encontraba sometido; al ejecutar la construcción, el terreno se somete a cargas semejantes ó mayores que las originales.

En el caso de Compensación Total, habrá equilibrio de cargas por lo que la construcción teóricamente no debería hundirse; Sin embargo, el suelo en el fondo de la excavación aumenta su volumen debido a las causas siguientes: a) La liberación de cargas por la excavación efectuada, b) Al empuje hacia arriba que ejerce el flujo de agua freática, y c) Al empuje hacia arriba que ejercen también los talúdes de la excavación, Fig. I-2. Cuando este aumento de volumen llamado también Bufamiento sucede, la construcción soportada por el terreno sufre un hundimiento de valor semejante al Bufamiento. Fig. I-3.

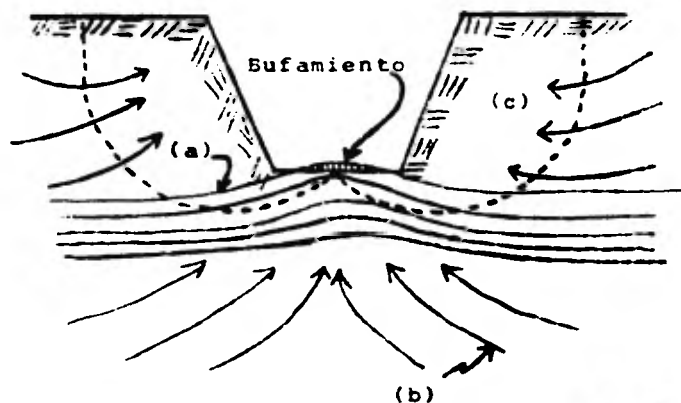


FIGURA I-2

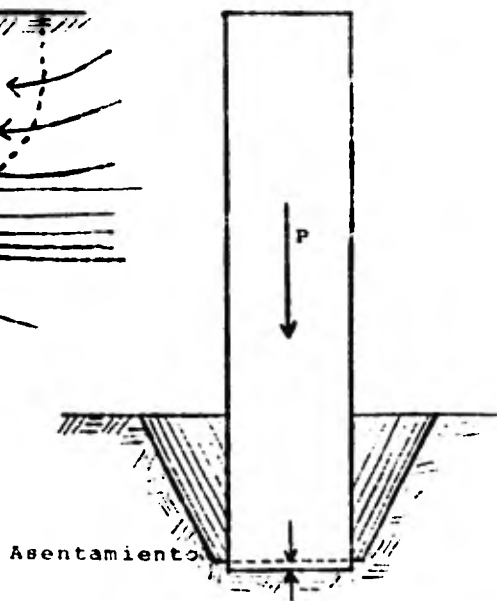


FIGURA I-3

En el caso de Compensación Parcial, el peso de la construcción es mayor que el peso del terreno excavado bajo la cimentación, como consecuencia el terreno sufrirá deformaciones (disminuye su volumen) y la construcción se hundirá en mayor proporción que el enjutamiento del terreno. Fig. I-4.

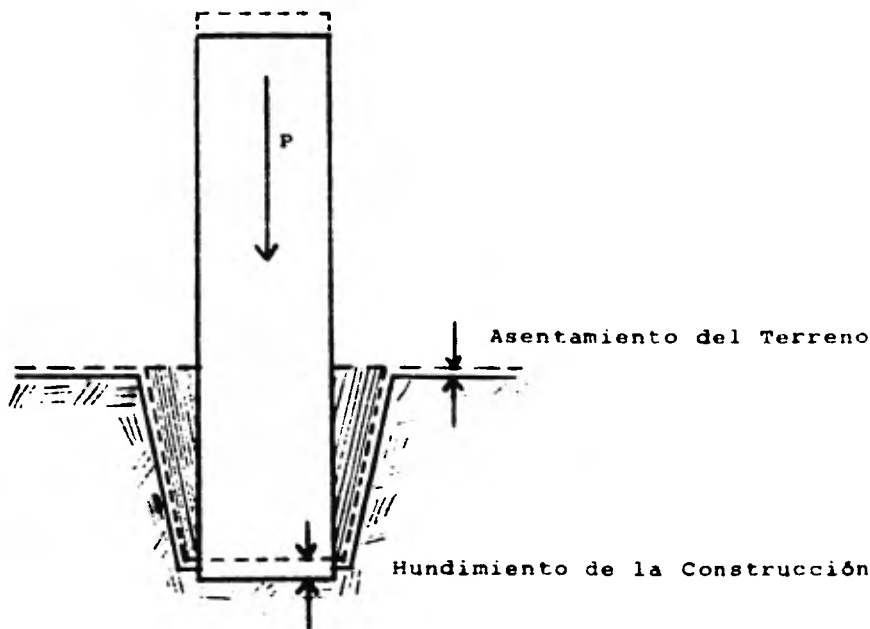


FIGURA I-4

CIMENTACIONES CON PILOTES DE PUNTA.- Un Pilote es un elemento estructural que transmite cargas a través de estratos del suelo con propiedades desfavorables de apoyo, a estratos que sean capaces de soportar las cargas. El pilote puede ser de madera, acero, concreto armado ó una combinación de éstos. Su longitud es variable y depende de la función que desempeñe y de la estratigrafía del subsuelo.

El Pilote de punta es aquél que transmite las cargas de una construcción a un estrato resistente del subsuelo, generalmente se diseña para recibir y transmitir cargas verti-

cales aunque puede diseñarse para tomar cargas inclinadas. Su longitud es la distancia comprendida entre la cimentación de la construcción y el estrato resistente; Se le llama de punta por que su extremo inferior esta apoyado directamente sobre dicho estrato. Cuando el terreno se enjute, la construcción cimentada con este tipo de pilotes, permanecerá en el nivel original (A) en el que se construye. Fig. I-5.

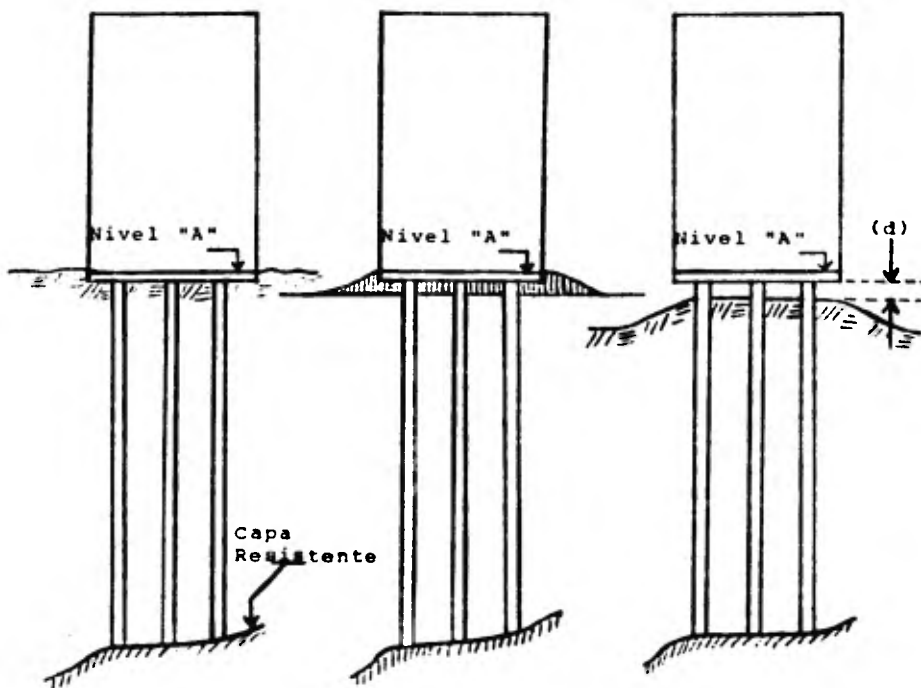


FIGURA I-5

FIGURA I-6

FIGURA I-7

En la Fig. I-5., la cimentación y el terreno se encuentran en el nivel (A), en la Fig. I-6, el terreno ha sufrido un enjutamiento y alrededor del pilote se forma una cresta (zona ashurada) debido a la fricción superficial desarrollada entre el pilote y el suelo, y que impide a éste enjutarse en -

el perímetro del pilote; La fricción origina una fuerza adicional que disminuye la capacidad de carga de trabajo del pilote. Capacidad de Carga de Trabajo es la capacidad de carga dividida entre el factor de seguridad. La fuerza adicional se denomina fricción negativa y es función de la distribución de los pilotes y de las características mecánicas del suelo.

En el análisis de cargas para el dimensionamiento del pilote, deberá considerarse la fuerza adicional originada por la fricción negativa, así:

$$C_{f_p} = C_{i_p} + \text{Fuerza adicional (Fricción Negativa)}$$

$$C_{f_p} = \text{Carga final en el pilote}$$

$$C_{i_p} = \text{Carga inicial en el pilote}$$

Cuando el peso del terreno no enjutado alrededor del pilote, asurado en la Fig. I-6, es mayor que la fricción negativa que produce; el terreno se desplazará en forma vertical hacia abajo, como consecuencia el pilote quedará al descubierto en la misma proporción en que ocurra el desplazamiento, "d" en la Fig. I-7. El fenómeno anterior representa un problema que deberá considerarse en el análisis de estabilidad, ya que el pilote en la longitud descubierta "d" estará funcionando como columna al no tener apoyos laterales.

CIMENTACION CON PILOTES DE CONTROL.- El pilote de control al igual que el pilote de punta y el de fricción, transmite cargas al subsuelo. Tiene un dispositivo mediante el cual se controla la intensidad de las cargas, y por consiguiente -- que el hundimiento de la construcción sea uniforme y de la misma magnitud que el enjutamiento del terreno. En el capítulo -- III se amplian los conceptos sobre el pilote de control, su funcionamiento y las características del mismo; En este capítulo se dirá que una cimentación con pilotes de control esta generalmente combinada con una cimentación por compensación.

En la Fig. I-8, se muestra una construcción cimentada con pilotes de control que se encuentra en un nivel "o" - en el que se construye, en la Fig. I-9, la misma construcción que ha sufrido un hundimiento igual al enjutamamiento del terreno. Como se observa, los pilotes sobresalen de la losa de cimentación, misma que tiene una perforación por la cual pasa libremente el pilote.

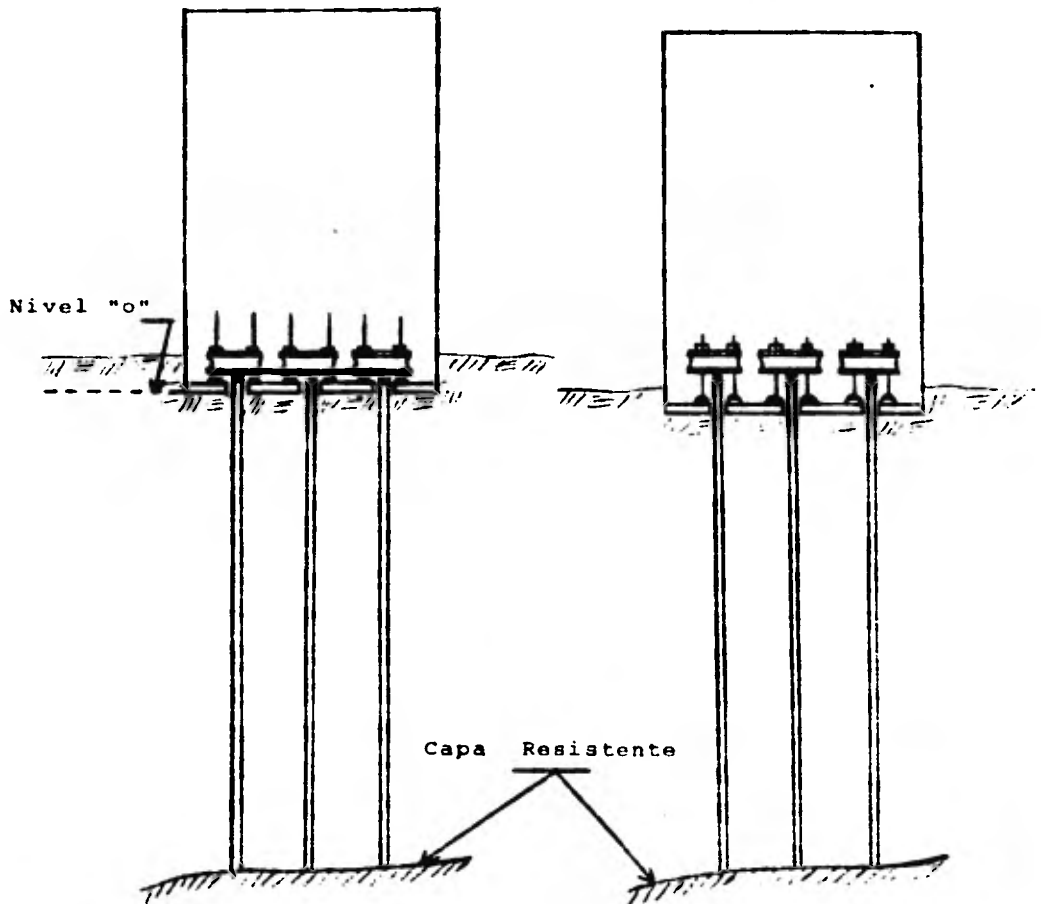


FIGURA I-8

FIGURA I-9

CIMENTACION CON PILOTES DE FRICCION.- En este tipo de cimentación, la función del pilote es la de transmitir la carga total de la construcción al terreno mediante la fricción superficial existente entre ambos. La longitud del pilote de fricción esta determinada por el valor de la fricción de cada estrato del subsuelo y de la carga que deba soportar el pilote Fig. I-10.

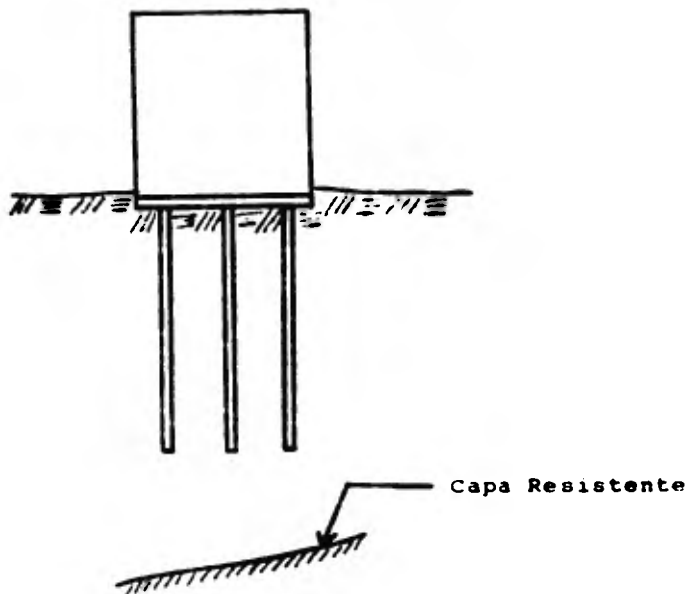


FIGURA I-10

Al hincar un pilote, se rompe la continuidad del suelo y el pilote se desliza respecto a la tierra, al suspenderse el hincado se genera una adherencia que trata de impedir el deslizamiento entre los dos elementos.

Cuando se aplica la carga de trabajo al pilote, la adherencia que se desarrolla entre ambos elementos no es la máxima, sino la que se requiere para impedir que el pilote se hunda, esta adherencia se denomina Fricción Positiva.

Al incrementar la fuerza que se aplica al pilote

-hasta llegar a su capacidad de carga total, se genera la adherencia máxima que se puede producir entre suelo y pilote, cuando esto sucede, el pilote estará en equilibrio inestable; un incremento cualquiera en esta carga produce que el pilote se hunda.

Cuando el pilote tiene aplicada la carga de trabajo, se hunde, el deslizamiento del pilote respecto al terreno es uniforme en toda su longitud. Cuando el terreno se enjuta, la adherencia (cohesión) en el extremo superior del pilote disminuye, por que disminuye la deformación producida por la carga de trabajo y en el inferior permanece constante. Esto se debe a que el desplazamiento entre pilote y suelo debido al enjutamiento de éste, es máximo en la superficie del terreno y menor cuanto más profunda se haga la medición a lo largo del pilote hasta ser nulo en su extremo inferior.

Como se explicó anteriormente, el terreno no enjutado alrededor del pilote, origina una fricción negativa que produce una fuerza adicional sobre el pilote, que va en aumento a medida que se aumenta el enjutamiento, este incremento de carga produce el hundimiento del pilote en una magnitud tal, que se desarrolle una nueva adherencia, necesaria para que el pilote deje de hundirse. Al hundirse el pilote, la fricción negativa producto del terreno no enjutado alrededor de aquél, se anula parcialmente hasta quedar en equilibrio inestable.

Debido a que el enjutamiento del terreno prosigue, el fenómeno antes descrito se presentará continuamente.

Cuando el hundimiento de los pilotes sea tal que su extremo inferior llegue a apoyarse en un estrato resistente estarán funcionando como pilotes de punta.

CIMENTACION POR COMPENSACION Y CON PILOTES DE PUNTA.- En este tipo de cimentación, parte de la carga total de la construcción se compensa con una excavación efectuada bajo la cimentación, y el complemento de la carga total esta soportada

tada por los pilotes de punta. La compensación de la carga -- tendrá que ser parcial, ya que en una compensación total no -- se requiere de pilotes, por que el terreno excavado compensa -- totalmente la carga de la construcción.

Al estar la construcción cimentada a un nivel "c" Fig. I-11, inferior al nivel "o" de la superficie del suelo, -- se logra durante el enjutamiento del suelo, que el pilote que de al descubierto en una proporción menor que cuando la cimen -- tación está localizada al nivel de la superficie, debido a -- que el enjutamiento es mayor cerca de la superficie del terre -- no que en un nivel inferior, Fig. I-11. Cuando la cimenta -- ción se construye en el nivel "c", la construcción se mantie -- ne estable por un periodo de tiempo mayor que si se construye en el nivel "o", debido a que en este nivel "c" el enjutamien -- to es menor y por que la cimentación está apoyada lateralmen -- te; No sucede lo mismo cuando la cimentación se localiza en -- el nivel "o", como ya se trató en la cimentación con pilotes -- de punta.

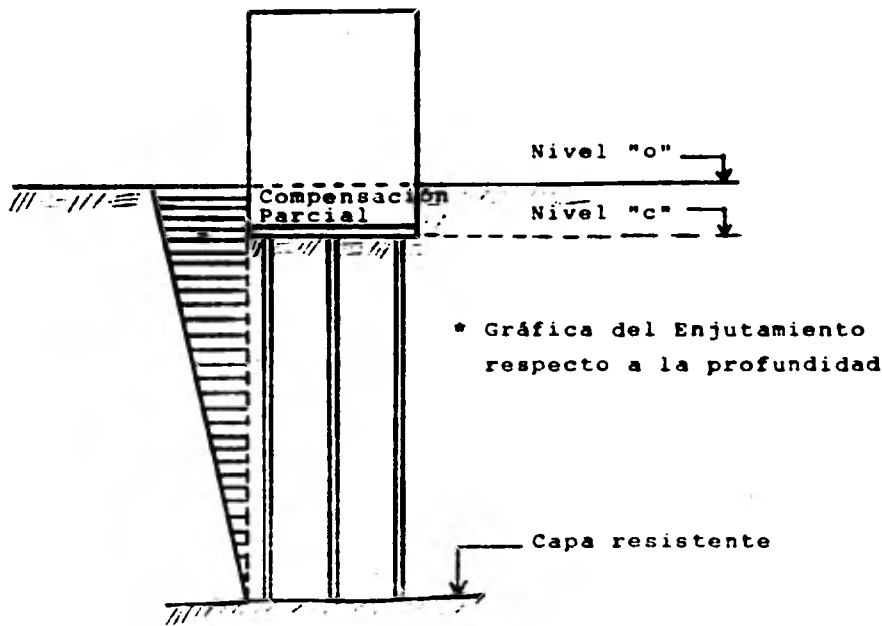


FIGURA I-11

CIMENTACION POR COMPENSACION Y CON PILOTES DE FRICCIÓN.- En este tipo de cimentación combinada, la excavación bajo la cimentación compensa parte de la carga total de la construcción, y la otra parte es aportada por los pilotes de fricción. Fig. I-12.

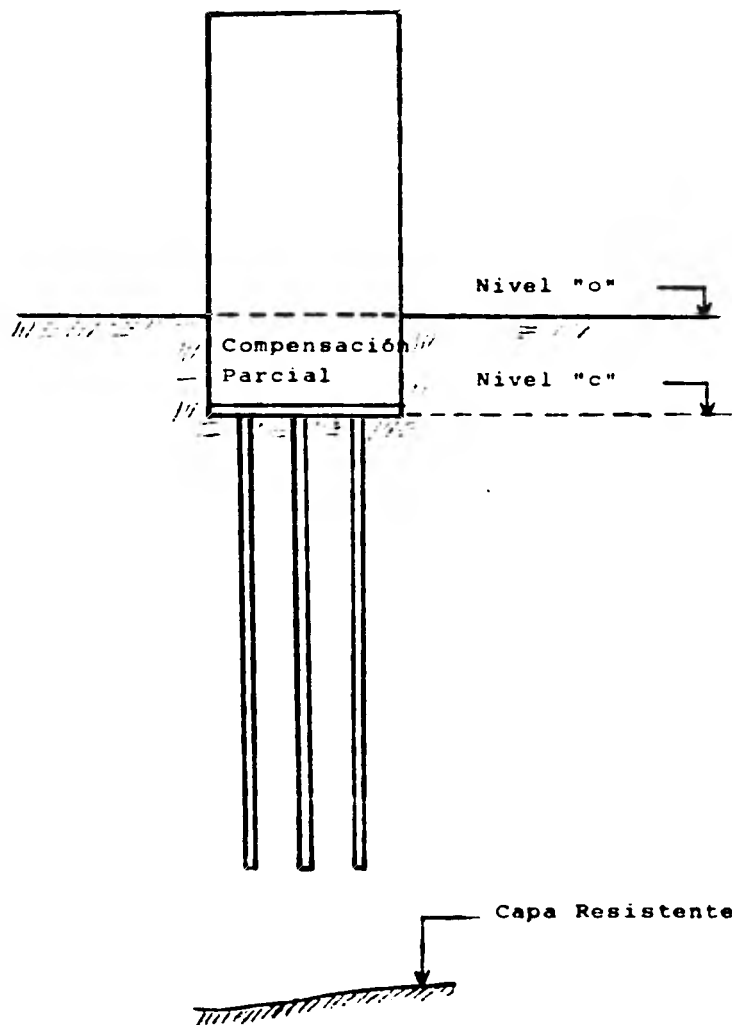


FIGURA I-12

Se han expuesto en forma general las características de cimentaciones comunmente usadas en la Ciudad de México y analizados en forma cualitativa los fenómenos que ocurren en estas cimentaciones y en el terreno donde se encuentran soportadas.

También se ha dicho que cuando el terreno se encuentra en un proceso de enjutamiento, origina hundimientos diferenciales en las construcciones. En las estructuras que se encuentran cimentadas por superficie, por compensación, con pilotes de fricción ó pilotes de punta, no se puede controlar el hundimiento diferencial de las mismas.

Las cimentaciones con pilotes de control, como ya se dijo, contienen un dispositivo mediante el cual se puede modificar los hundimientos de una construcción a efecto de que sean uniformes y de la misma magnitud que el enjutamiento del terreno.

En el sitio de la Nueva Basílica, el manto deformable varía de espesor, lo que provoca asentamientos diferenciales en la superficie del terreno como muestran las diferencias de asentamientos en el templo El Pozito, Capuchinas y la Basílica Original. Por esta circunstancia es necesario poder modificar los asentamientos en cada punto de la estructura; además es conveniente reducirlos al mínimo posible, lo que se logra con una compensación.

De lo expuesto anteriormente y debido a que el estrato resistente se encuentra a desnivel, podemos considerar que la cimentación más favorable para construcciones en el sitio de la Nueva Basílica, es una cimentación por compensación, con pilotes de punta y con un dispositivo para controlar los hundimientos de la construcción.

La exploración del subsuelo mediante sondeos, forma parte importante de la investigación necesaria para determinar el tipo de cimentación, su diseño y el procedimiento

constructivo de la misma. La exploración podrá ser detallada ó no dependiendo de las cargas actuantes en la construcción y del servicio al que vaya a destinarse, así como de la posibilidad de un asentamiento excesivo de la construcción (Prueba de Consolidación) ó existe la posibilidad de una falla de cizalla (Prueba de Esfuerzos Cortantes).

El procedimiento de investigación consiste en realizar sondeos en el lugar donde se cimentará la construcción y extraer testigos del terreno para su estudio. También se obtiene información de la estratigrafía del terreno con la observación de la resistencia que se encuentra en el terreno al avance del sondeo. El Equipo de sondeo se elige de acuerdo a la dureza del terreno y de la accesibilidad al mismo.

Los sondeos pueden ser verticales ó inclinados, deben protegerse con un tubo especial para revestimiento, si el terreno es cohesivo los sondeos pueden hacerse sin revestimiento. Cuando la perforación del sondeo deja de ser necesaria puede recuperarse el revestimiento para utilizarse nuevamente.

Para sondear, el método usado comunmente es el efectuado mediante un martilleo sobre un tubo portatestigos que se introduce en el subsuelo. En este método el impacto y las vibraciones ocasionan daños a la estructura del testigo y disminuyen su resistencia a los esfuerzos cortantes y de compresión. Este método se utiliza con frecuencia ya que la cuenta de golpes hecha al martillear nos da en el campo, las características del terreno de un modo fácil y con aproximación que permite estimar cualitativamente los estratos. Las características cuantitativas de los mismos se determinan de las muestras inalteradas que pueden obtenerse de las perforaciones ejecutadas con el instrumento descrito que se denomina Penetrómetro.

Con el Penetrómetro Standard se utiliza un peso de 140 libras que cae libremente de una altura de 30 pulg

das; con él se hince el tubo portatastigos, las primeras 6 ó 7 pulgadas hincadas sirven para iniciar el proceso, a partir de estas primeras pulgadas, se cuentan los golpes necesarios para penetrar un pié en el estrato.

La cuenta de golpes en el Penetrómetro Estan -- dard admite relacionar las características de un sondeo con -- las de otro, ya que se ejecutan bajo las mismas condiciones y permite establecer en forma rápida y económica las condiciones de un terreno para cimentar sobre él. El método se aplica en -- todos los suelos, excepto en terrenos de gravas muy gruesas, -- gravillas, suelos fluidos y blandos. Por ejemplo, se considera que una cuenta de 10 golpes por pié, indica un terreno bueno, -- capaz de soportar una carga total de hasta 1.95 Kg./Cm^2 , depen-- diendo de la profundidad de desplante de la zapata.

La exploración del subsuelo en la zona de la -- Nueva Basílica, consistió en realizar nueve sondeos con Pene-- trómetro Estandard cuya profundidad varía entre 30 y 47 metros.

En los sondeos de exploración (que se anexan), -- se observa el perfil estratigráfico del terreno, compuesto entre otros elementos por: Arcilla café oscura, Arcilla verde -- olivo, Jaboncillo verde olivo, Jaboncillo café claro, Limo are-- noso, Arcilla limosa con vetas de arena gris, Arena limosa com-- pacta gris parda y gravilla.

También se observan las siguientes característi-- cas generales:

1.- De 0 a 2.5 m. de profundidad existen relle-- nos artificiales (cascajo y arcilla con cascajo)

2.- De 16.5 a 17.5 m. primera formación arcillo-- sa con $LL = 200 \%$, altamente compresible.

3.- De 16.0 a 19.0 m. existe una capa dura limo-- arenosa de bajo contenido de humedad, esta capa conforme avan--

za hacia el norte, va disminuyendo de espesor hasta llegar a --
1.0 m. en las vecindades del cerro Tepeyac.

4.- De 19.0 a 35.0 m. existe una formación arcil-
llosa, intercalada entre los 23.0 y 28.0 m. por un manto limo-
arenoso y otro areno-limoso con contenido de agua del 50%, en-
tre los 19.0 y los 22.0 m. existen también lentes de arena li-
mosa y limo arenoso.

5.- De 35.0 a 39.0 m. existe una segunda capa -
dura limo-arenosa de alta capacidad de carga, con un número de
golpes empleado de 40 a 80.

A PARTIR
DE ESTA
PAGINA

FALLA
DE
ORIGEN.

GRUPO DE SERVICIOS S.A.
RAILWAY DE LOS ANDES SAZAS DE CALABURO
VILLA DE CALABURO
 Ruta 1000 14

ELIOTERIO DE CHICHICO, S.A.
 CALLES DURAZNO 8 Y VIAL 6.

30/07/78 14 OCTUBRE 1978

HORA	FECHA	NUMERO DE PASAJEROS	ALGUNA SERVICIO ESPECIAL	OTRO SERVICIO	DESCRIPCION
00	00	0	0	0	
1.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
2.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
3.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
4.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
5.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
6.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
7.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
8.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
9.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
10.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
11.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
12.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
13.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
14.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
15.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
16.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
17.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
18.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
19.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
20.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
21.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
22.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
23.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
24.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
25.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
26.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
27.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
28.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
29.00	00	0	0	0	
00	00	0	0	0	
30.00	00	0	0	0	

UNIDAD DE SERVICIO VIAL	1.00
SEÑALADO	00
CAMBIO CARRERA POR 2 COLAS	10/4
REPARACION	10/4
RENTA	10/4
PREO CALABURO	60
ALGUNA SERVICIO ESPECIAL	70
PREO PASAJEROS	100

SERVO DE INFLACION O G.
 BASILICA DE SANTA MARIA DE GUARALTES
 VILLA DE GUARALTES.
 PROYECTO RECONSTRUCCION FRONTAL O 1.
 SERIA POSTAL 16.

FILOSOS DE CONCRETO, S.A.
 CALLE URUBAMBA O 3 PISO 6

MEMORIAS DE SEPTIEMBRE 1978

PRELIMINAR CUBO	PUNTO CUBO	TIPO DE CUBO	ALTEZA MEDIA CAIDA 0.75 M.	TIPO DE CUBO	OBSERVACIONES.
0.00	50	-	-	1	DESCARICION LOZA CONCRETO 15 Y ARC. CAFE CON CASCAS
1.00	50	0	75	2	ARCILLA CAFE CON CASCAS
2.00	50	0	75	3	ARCILLA CAFE CON CASCAS
3.00	50	4	75	4	ARCILLA CAFE CON CASCAS
4.00	50	6	75	5	ARCILLA CAFE CON CASCAS Y ARCILLA CAFE 10
5.00	50	6	75	6	ARCILLA ARENOSA CAFE
6.00	50	15	75	7	ARCILLA ARENOSA CAFE CON URAVO
7.00	50	7	75	8	ARCILLA ARENOSA CAFE
8.00	50	7	75	9	ARCILLA ARENOSA CAFE
9.00	50	15	75	10	ARCILLA ARENOSA LINDA COMPACTA CAFE
10.00	50	20	75	11	ARCILLA ARENOSA LINDA COMP. CAFE Y COMBINAS CAFE 5
11.00	50	21	75	12	ARCILLA ARENOSA COMPACTA GRIS CAFE
12.00	50	24	75	13	ARCILLA ARENOSA COMPACTA GRIS CAFE
13.00	50	12	75	14	LINDO ARENOSO COMPACTO CAFE
14.00	50	16	75	15	LINDO ARENOSO COMPACTO CAFE
15.00	50	5	75	16	ARENA FINEZA CAFE 10 Y JABONCILLO GRIS VERDE
16.00	50	3	75	17	JABONCILLO VERDE OLIVO
17.00	50	2	75	18	JABONCILLO VERDE OLIVO
18.00	50	2	75	19	JABONCILLO VERDE OLIVO
19.00	50	1	75	20	JABONCILLO VERDE OLIVO
20.00	50	1	75	21	JABONCILLO VERDE OLIVO
21.00	50	1	75	22	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO
22.00	50	1	75	23	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO
23.00	50	2	75	24	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO
24.00	50	3	75	25	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO Y JABONCILLO CAFE 10
25.00	50	2	75	26	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO
26.00	50	2	75	27	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO
27.00	50	7	75	28	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO Y ARENA FINA 10
28.00	50	6	75	29	LINDO COMB. CAFE 10 Y JAB. VERDE OLIVO OSCURO
29.00	50	2	75	30	JABONCILLO VERDE OLIVO OSCURO
30.00	50	7	75	31	JABONCILLO VERDE OLIVO Y ARENA CAFE 5
31.00	50	2	75	32	JABONCILLO VERDE OLIVO
32.00	50	3	75	33	JABONCILLO VERDE OLIVO Y VERAS VERDIO
33.00	50	6	75	34	JABONCILLO VERDE OLIVO Y ARENA CAFE 5
34.00	50	3	75	35	CAJITA GRIS BLANCA
35.00	50	3	75	36	CAJITA GRIS BLANCA
36.00	50	12	75	37	JABONCILLO VERDE OLIVO Y LINDO COMPACTO GRIS PARRA 10
37.00	50	25	75	38	LINDO ARENOSO COMPACTO GRIS PARRA
38.00	50	40	75	39	ARENA FINA LINDA COMPACTA GRIS PARRA
39.00	50	45	75	40	ARENA FINA LINDA COMPACTA GRIS PARRA
40.00	50	42	75	41	ARENA FINA LINDA COMPACTA GRIS PARRA
41.00	50	40	75	42	ARENA FINA LINDA COMPACTA GRIS PARRA
42.00	50	30	75	43	ARENA FINA LINDA COMPACTA GRIS PARRA
43.00	50	0	75	44	ARENA FINA PARRA 10 Y JABONCILLO VERDE OLIVO
44.00	50	2	75	45	JABONCILLO VERDE OLIVO
45.00	50	15	75	46	JABONCILLO VERDE OLIVO Y VERDE GRIS BLANCO 7
46.00	50	10	75	47	JABONCILLO VERDE OLIVO 10 Y LINDO ARENOSA CAFE
47.00	50	122	75	48	LINDO ARENOSO COMPACTO CAFE
48.00	50	17	75	49	LINDO ARENOSO COMPACTO CAFE
49.00	50	6	75	50	LINDO ARENOSO CAFE 10 Y PAR. OLIVO CON COMBINAS
50.00	50	2	75	51	COMBINAS VERAS PARRA 10 Y JABONCILLO VERDE OLIVO
51.00	50	0	75	52	JABONCILLO VERDE OLIVO Y ARENA FINA PARRA 5
52.00	50	3	75	53	JABONCILLO VERDE OLIVO
53.00	50	3	75	54	JABONCILLO CAFE
54.00	50	12	75	55	JABONCILLO CAFE Y ARENA CAFE 10
55.00	50	10	75	56	LINDO ARENOSO COMP. GRIS VERDE Y PAR. GRIS VERDE
56.00	50	2	75	57	JABONCILLO GRIS VERDE
57.00	50	2	75	58	JABONCILLO GRIS VERDE
58.00	50	2	75	59	JABONCILLO VERDE OLIVO
59.00	50	2	75	60	JABONCILLO VERDE OLIVO

CONCRETO BORDO NIVEL LOSBAS.	2.55 M.
NIVEL AGUA NO EXACTO	
CABA CUABRO CUENTA POR DOS GOLPES	
PERFORACION	2 1/2
BOMBA TIPO	1"
MUESTRA	1 1/4
PESO GOLPEADOR	63 KILOS
ALTURA CAIDA GOLPEADOR	75 CENTIMETROS

COMANDO EN JEFE FUERZAS A. G.
REGIMIENTO DE CARABINEROS DE GUAYAMA
VILLA DE GUAYAMA
PUERTO RICO, P. R.

PLANO DE CIMENTOS, S. A.
 CALLE CINCOS 0 2 PISO 6.

MIERCOLES 16 OCTUBRE 1970

PROFUNDIDAD CENTIMETROS	ANCHO CENTIMETROS	ESPESOR CENTIMETROS	ALTIMETRO DEBIDO A. 75 M	TIPO DE CIMENTOS	COMENTARIOS
00	00	-	-	1	INCORRECTO A BARRA DE CEMENTO EN LA LINEA DEL CEMENTO
1.00	00	-	-	2	INCORRECTO A BARRA DE CEMENTO EN LA LINEA DEL CEMENTO
2.00	00	-	-	3	INCORRECTO A BARRA DE CEMENTO EN LA LINEA DEL CEMENTO
3.00	00	0	70	4	ARREDO CEMENTO CON BARRA DE CEMENTO
4.00	00	0	70	5	ARREDO CEMENTO CON BARRA DE CEMENTO
5.00	00	0	70	6	ARREDO CEMENTO CON BARRA DE CEMENTO
6.00	00	0	70	7	ARREDO CEMENTO CON BARRA DE CEMENTO
7.00	00	0	70	8	ARREDO CEMENTO CON BARRA DE CEMENTO
8.00	00	0	70	9	ARREDO CEMENTO CON BARRA DE CEMENTO
9.00	00	0	70	10	ARREDO CEMENTO CON BARRA DE CEMENTO
10.00	00	10	70	11	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
11.00	00	20	70	12	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
12.00	00	30	70	13	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
13.00	00	4	70	14	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
14.00	00	4	70	15	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
15.00	00	0	70	16	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
16.00	00	0	70	17	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
17.00	00	1	70	18	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
18.00	00	1	70	19	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
19.00	00	1	70	20	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
20.00	00	1	70	21	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
21.00	00	1	70	22	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
22.00	00	2	70	23	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
23.00	00	3	70	24	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
24.00	00	4	70	25	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
25.00	00	5	70	26	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
26.00	00	6	70	27	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
27.00	00	7	70	28	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
28.00	00	8	70	29	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
29.00	00	9	70	30	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
30.00	00	10	70	31	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
31.00	00	11	70	32	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
32.00	00	12	70	33	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
33.00	00	13	70	34	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
34.00	00	14	70	35	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
35.00	00	15	70	36	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
36.00	00	16	70	37	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
37.00	00	17	70	38	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
38.00	00	18	70	39	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
39.00	00	19	70	40	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
40.00	00	20	70	41	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
41.00	00	21	70	42	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
42.00	00	22	70	43	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
43.00	00	23	70	44	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
44.00	00	24	70	45	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
45.00	00	25	70	46	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
46.00	00	26	70	47	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
47.00	00	27	70	48	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
48.00	00	28	70	49	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
49.00	00	29	70	50	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
50.00	00	30	70	51	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
51.00	00	31	70	52	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
52.00	00	32	70	53	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
53.00	00	33	70	54	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
54.00	00	34	70	55	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
55.00	00	35	70	56	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
56.00	00	36	70	57	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
57.00	00	37	70	58	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
58.00	00	38	70	59	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
59.00	00	39	70	60	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
60.00	00	40	70	61	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
61.00	00	41	70	62	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
62.00	00	42	70	63	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
63.00	00	43	70	64	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
64.00	00	44	70	65	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
65.00	00	45	70	66	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
66.00	00	46	70	67	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
67.00	00	47	70	68	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
68.00	00	48	70	69	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
69.00	00	49	70	70	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
70.00	00	50	70	71	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
71.00	00	51	70	72	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
72.00	00	52	70	73	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
73.00	00	53	70	74	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
74.00	00	54	70	75	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
75.00	00	55	70	76	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
76.00	00	56	70	77	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
77.00	00	57	70	78	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
78.00	00	58	70	79	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
79.00	00	59	70	80	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
80.00	00	60	70	81	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
81.00	00	61	70	82	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
82.00	00	62	70	83	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO
83.00	00	63	70	84	CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO

CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO	1.00
CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO	6"
CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO	10 1/2"
CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO	10 1/2"
CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO	63
CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO	75
CONCRETO DE CEMENTO Y BARRA DE CEMENTO	210

II.- ESTRUCTURACION

Uno de los factores que determinaron la forma de la Nueva Basílica y su estructuración fué la visibilidad hacia el Retablo, Fig. II-1 y II-2, por lo que la cubierta se estructuró salvando claros de 45 a 66 metros para lograr la no interferencia de la visibilidad con elementos estructurales verticales.

Después de estudiar formas geométricas que cumplieran con las condiciones anteriores se llegó a una figura en base a intersecciones de circunferencias, misma que se adoptó finalmente, Fig. II-1.

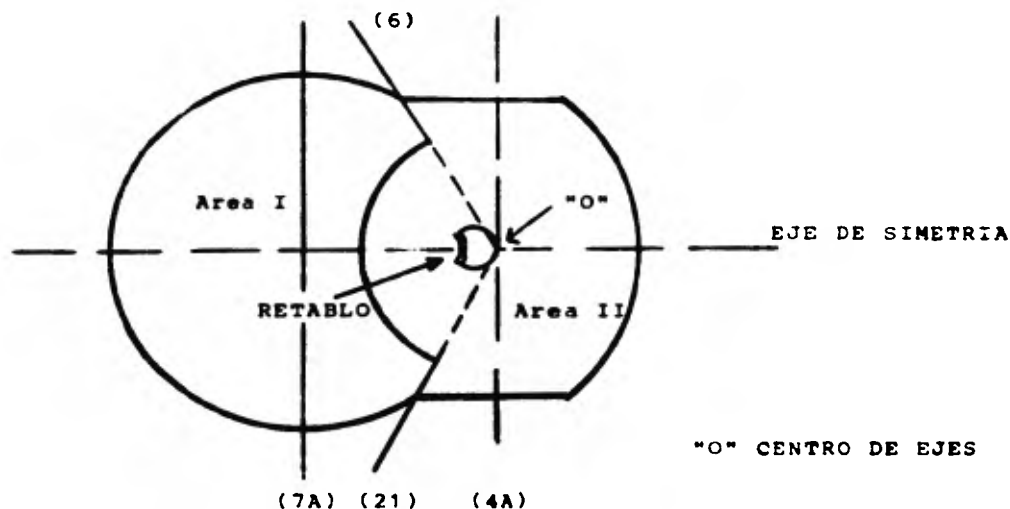


FIGURA II-1

Los centros de las circunferencias se encuentran localizadas sobre el eje de simetría. La figura contiene un centro del cual parten ejes que fijan la posición de elementos estructurales; para su nomenclatura se les asignó números del 1 al 25; a las circunferencias se les asignó letras de la A a la M.

El Área de construcción de la Nueva Basílica es - de 10,000 metros cuadrados, de los cuales 6,300 están destinados al templo, los otros 3,700 están destinados a oficinas y - servicios.

Como la mayoría de las obras civiles, la Nueva Basílica está estructurada en dos partes fundamentales:

II-A.- INFRAESTRUCTURA

La constituyen la Cimentación; además de un nivel destinado a Criptas en el área I. Fig. II-2 y un nivel destinado a servicios en el área II.

La Cimentación de la Nueva Basílica de la Ciudad de México, es una cimentación por compensación y con pilotes de control; está formada por: 1.- Celdas, Fig. II-3, constituidas a la vez por una losa de cimentación de concreto armado de 40 cms. de espesor, contratrabes radiales y circunferenciales - cuyo ancho varía entre 50 y 75 centímetros y su altura de 2.0- a 2.95 metros; 2.- Dados de cimentación para los pilotes de control, de 80 cms. de peralte incluyendo la losa, estan ligados a las contratrabes, por medio de ellos se transmiten las - cargas al pilote; 3.- El Núcleo Central "A" en la Fig. II-2, - es una masa de concreto armado de 2.95 metros de peralte y --- 16.4 metros de diámetro; 4.- Losa Tapa cuyo espesor es de 12 - centímetros y está ligada a las contratrabes.

La Cimentación en el área II que rodea al Núcleo Central Fig. II-1 y II-2 se encuentra en un nivel de 95 centímetros abajo que el área I, la razón de esta excavación a desnivel es que esta zona es la que recibe mayor carga, debido a que sobre el Núcleo descansa la mayor parte de la construcción. La excavación a desnivel es también para lograr en esta zona - una compensación mayor en el terreno. La cimentación está limitada en su perímetro por un muro de contención de concreto armado de 25 centímetros de espesor desplantado desde la contratrase perimetral.

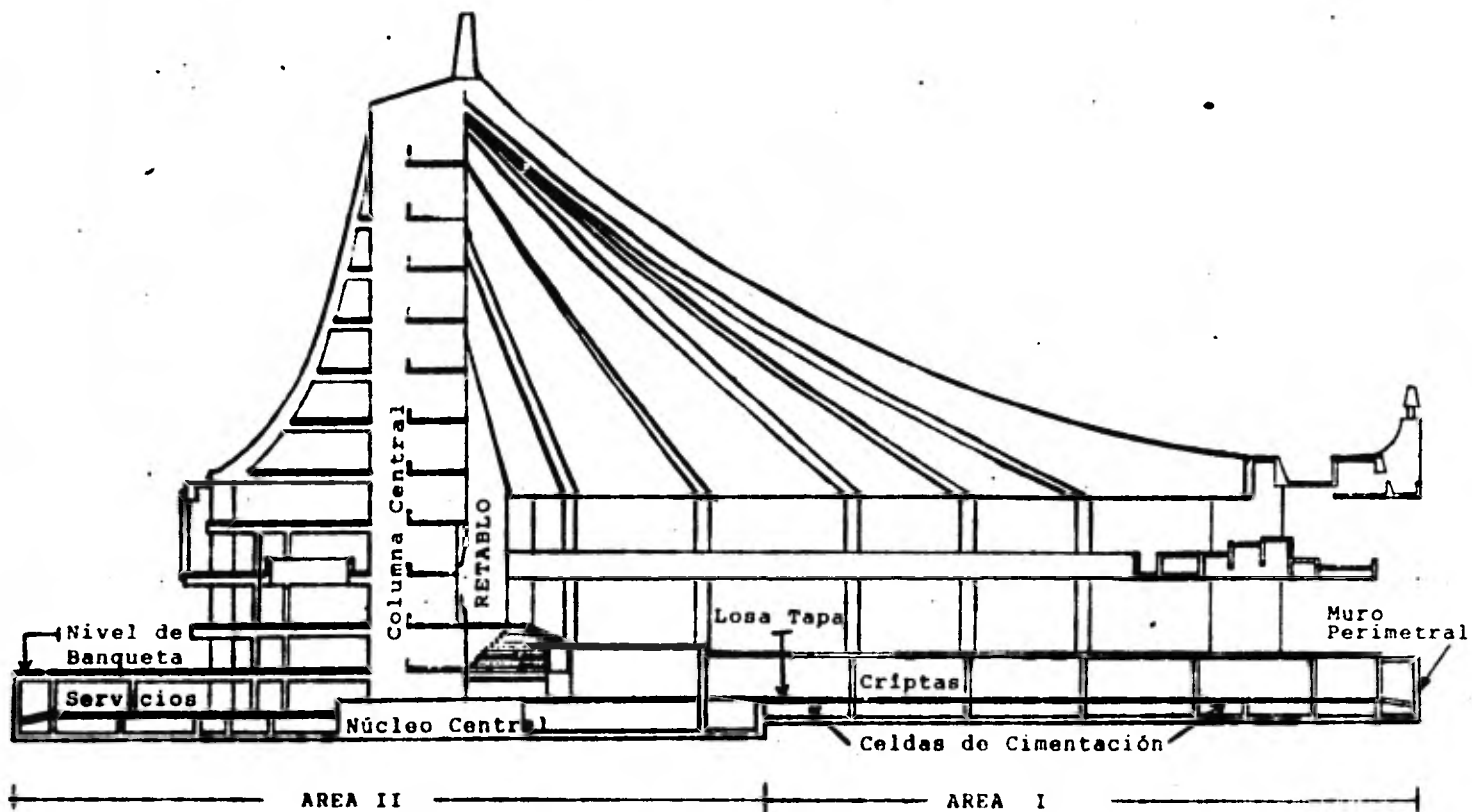


FIGURA II - 2

El número de pilotes de control hincados para la cimentación es de 364 piezas, el 45% (150) se encuentran localizados en la zona del Núcleo Central; los otros 59% (214) se encuentran distribuidos en la demás área de construcción. Para cada pilote se requiere de un dado de cimentación.

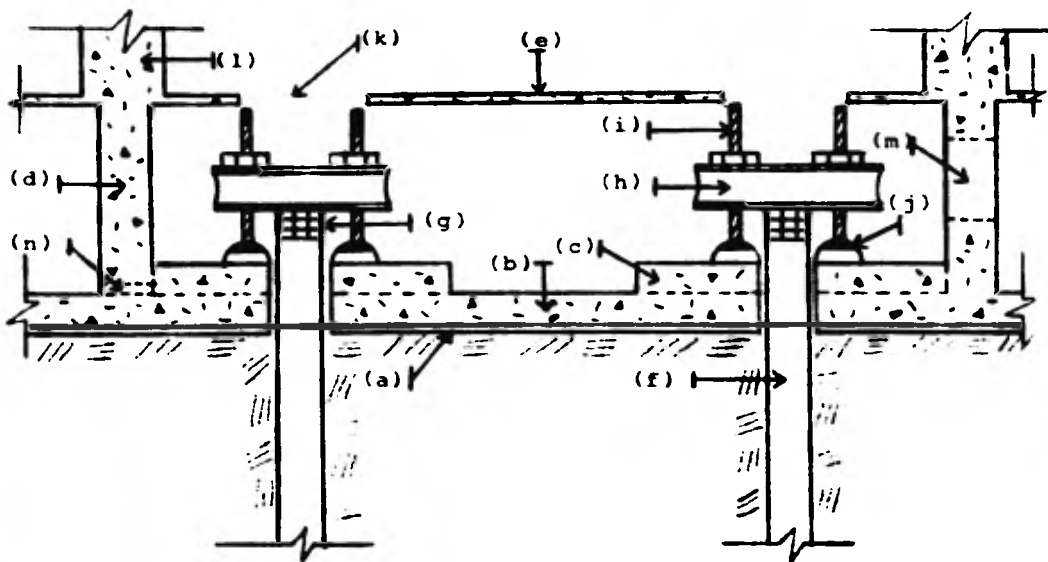
II-B.- SUPERESTRUCTURA

El Área I, Fig. II-2, la constituye la Nave Principal, el nivel de capillas y un canalón de aguas pluviales perimetral, formada a base de marcos de concreto que sirven de apoyo a traves y losas; la Cubierta de la nave es una estructura metálica con viguetas de 49 a 70 metros de longitud que descansan en un extremo en los marcos y en el otro en la Columna Central; sobre dicha estructura metálica se colocó una losa de concreto aligerado cuyo peso volumétrico es de 800 Kg./m^3 .

La superestructura en el Área II está formada por 12 niveles, los 5 primeros están formados por: una Columna Central, marcos, muros, traves y losas de concreto armado, los niveles restantes están formados por la misma columna central, muros, traves-columnas catenarias, traves y losas tanto horizontales como inclinadas en forma de catenaria. En la parte superior de la columna central se encuentra una corona de apoyo en la que descansan tanto la estructura de concreto como la metálica; La cubierta metálica está considerada como zona sujeta a tensiones básicamente y la estructura de concreto como zona sujeta a compresiones. En la Fig. II-4 se presenta un croquis representativo del funcionamiento estructural de la construcción.

La transmisión de cargas de la construcción al subsuelo mediante los elementos estructurales de la cimentación se efectúa de la siguiente forma: La carga en la cubierta metálica y en la losa catenaria de concreto se transmite a las traves, de éstas a los elementos verticales como son marcos, columna central y muros; lo mismo sucede en las losas de los

entrepisos restantes. La carga de todos los elementos verticales se transmite a la cimentación por medio de las contratrabeas, el Núcleo Central, dados y losa de cimentación; La carga que reciben los dados es transmitida a los pilotes mediante el dispositivo de control Fig.II-3 y de ahí se transmiten al sub suelo en donde se encuentran apoyados. Todos los elementos estructurales antes mencionados forman una estructura rígida.



CELDA DE CIMENTACION

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| a) Plantilla | h) Vigüeta de Carga |
| b) Losa de Cimentación | i) Tornillo de Control |
| c) Dado de Cimentación | j) Anclaje al Dado |
| d) Contratrabe | k) Registro en Losa Tapa |
| e) Losa Tapa | l) Columna |
| f) Pilotes de Control | m) Paso-Hombre |
| g) Celdas de deformación. | n) Paso de PVC interceldas |

FIGURA II-3

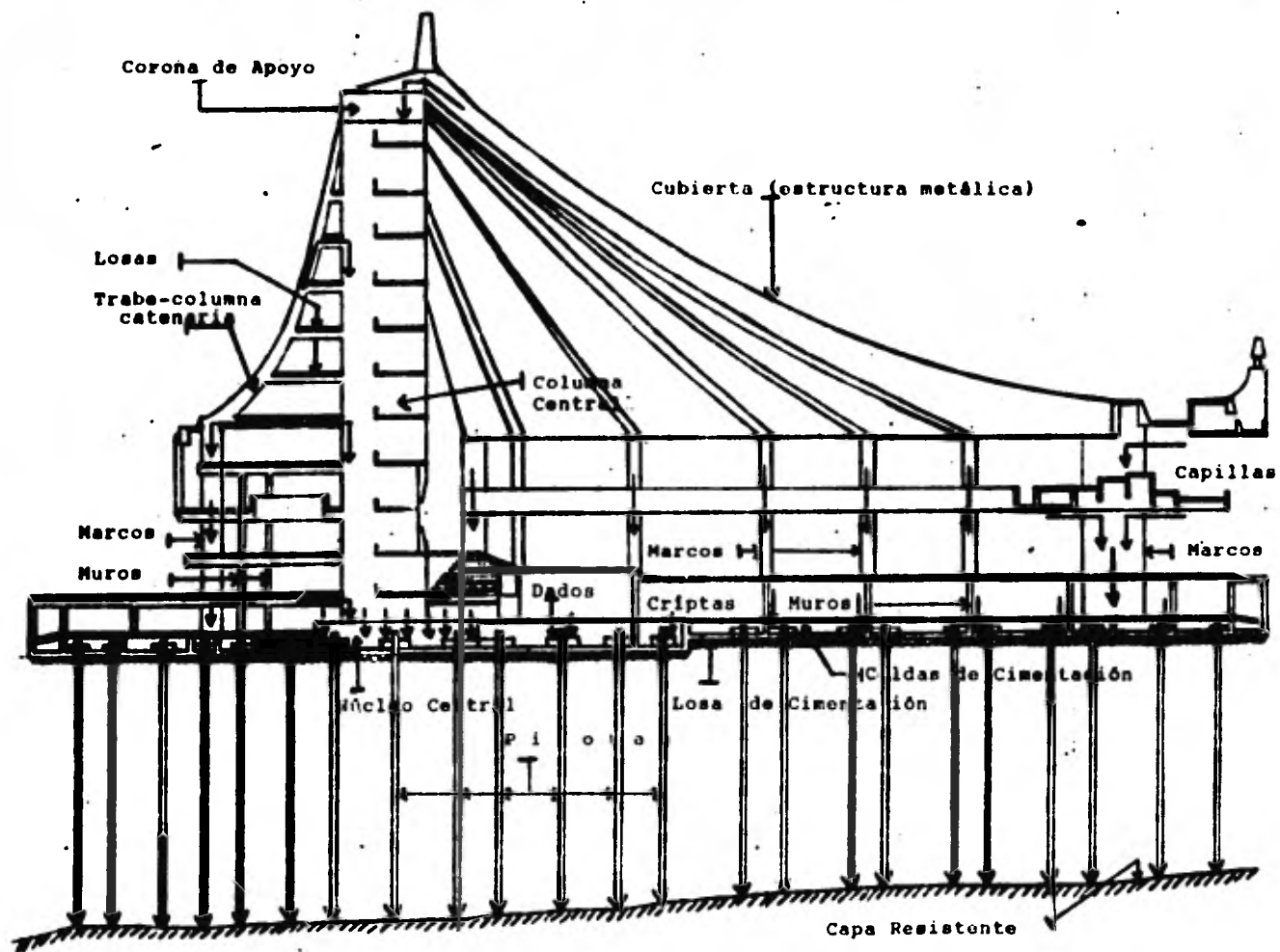


FIGURA II - 4

III.- PILOTES DE CONTROL

El dispositivo de control en un pilote está formado por:

- a).- Anclas, Fig. III-1. ahogadas en el dado de cimentación; consiste en una placa de acero de perfil "U" y varillas de acero como se indica en la figura.
- b).- Tornillo de Acero, Fig. III-2, con tuercas de ajuste en ambos extremos, este tornillo pasa a través de la placa "U" y del Cabezal de carga.
- c).- Cabezal de Carga, es de acero; contiene una placa en el lecho inferior que transmite la carga uniforme a toda la sección del pilote.
- d).- Celdas de Deformación, son cubos de madera (caobilla) de 5x5x5 centímetros, cada cubo soporta en el caso de la Nueva Basílica como máximo 3 toneladas, se colocan en capas.

Una sola capa determina la capacidad de carga del dispositivo, se obtiene multiplicando el número de cubos en la capa por las toneladas que soporta cada cubo. El número de capas que se colocan sirven para aumentar la capacidad de deformación. Los cubos de madera ó celdas se deforman hasta $\frac{3}{4}$ partes de su altura total sin aumentar la carga en el pilote.

III-A.- FUNCIONAMIENTO

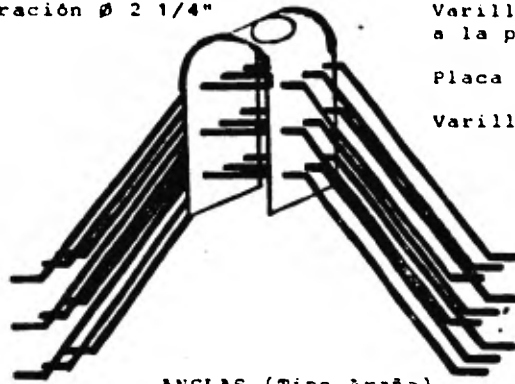
Al colocar el dispositivo sobre el pilote, éste inicialmente no soporta carga; cuando la construcción tiende a asentarse debido al enjutamamiento del terreno ó a una sobrecarga en la construcción, se origina una fuerza sobre el pilote que deforma los cubos.

Perforación ϕ 2 1/4"

Varilla soldada
a la placa

Placa de acero 1/2" X 6"

Varilla ϕ 5/8"



ANCLAS (Tipo Araña)

FIGURA III-1

DISPOSITIVO DE CONTROL

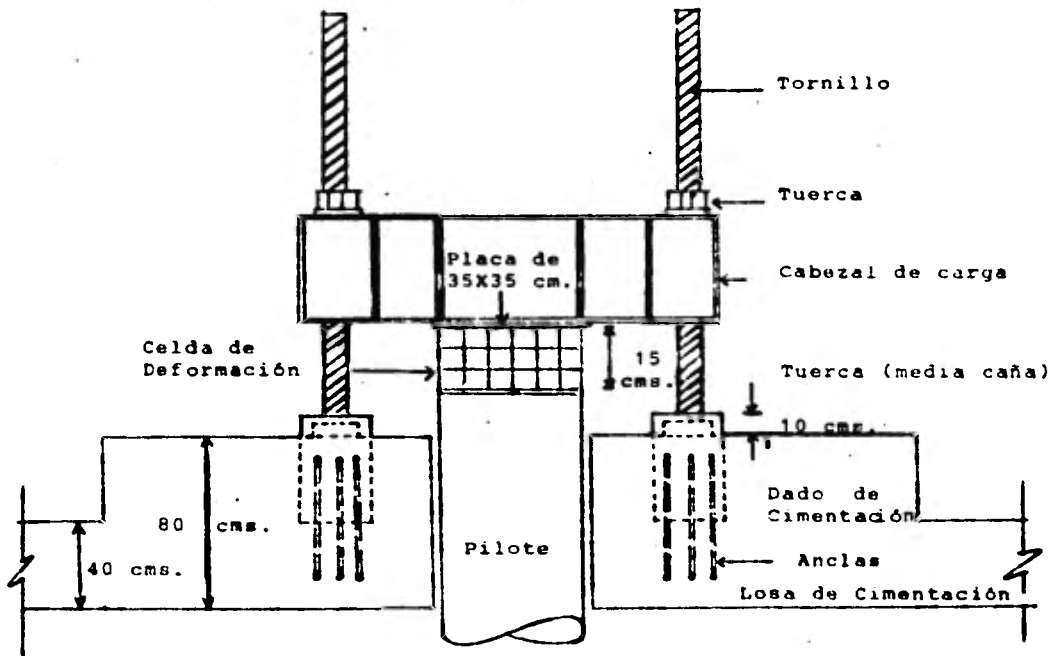


FIGURA III-2

El dispositivo impide parcialmente que la construcción se asiente absorbiendo la fuerza, transmitiéndola al pilote por medio de los tornillos, cabezal de carga y celda de deformación. A medida que aumenta la fuerza sobre el pilote, la celda de deformación disminuye su volumen, originando un asentamiento de la construcción en la misma proporción: el pilote emerge respecto al nivel de la cimentación la misma magnitud.

La carga llega a ser tal que produce un asentamiento máximo permisible por la celda de deformación, en este instante la construcción estará totalmente soportada por los pilotes e impedido su asentamiento, por lo que se requiere cambiar la celda de deformación.

Debido a la heterogeneidad del suelo y a la diferencia de cargas que bajan a la cimentación, los asentamientos que se tratan de generar son diferentes en cada punto y los pilotes estarán solicitados a diferente carga. Para nivelar la construcción se aplica mayor ó menor carga en los pilotes de la forma siguiente:

Se quitan totalmente las tuercas del dispositivo de control en el pilote, éste queda liberado de la carga a la que se encontraba sometido; la construcción podrá asentarse libremente sin la restricción que le impone el dispositivo. Por el contrario, si a cada dispositivo se le cambia en forma alternada las celdas de deformación ajustando las tuercas, el pilote seguirá cargando e impidiendo un libre asentamiento de la construcción.

Liberando de las cargas a algunos pilotes y cargando a otros en zonas opuestas, se logra que la construcción se asiente en la forma y magnitud que se desee para lograr su nivelación en el momento que se requiera.

Cuando se termina la capacidad de deformación del dispositivo, la manera de cambiar la celda de deformación

es: quitar las tuercas, el cabezal de carga y la celda deformada y colocar la nueva celda, cabezal y tuercas, ajustando éstas. En estos cambios de celda deberá cuidarse de no hacerlo simultáneamente en pilotes de una misma zona, por que ocasionaría asentamientos en la misma. Es recomendable hacer el cambio en forma alternada.

Cuando la construcción a través del tiempo se ha asentado una cierta magnitud, el extremo superior del pilote sobresale del dado, la altura que sobresale puede ser tal, que la longitud de los tornillos no sea suficiente para que funcione el dispositivo de control; aparentemente queda obsoleto dicho dispositivo Fig. III-3. Lo que se hace en estos casos es: Retirar el dispositivo del pilote por un intervalo de tiempo de 8 horas aproximadamente y en forma alternada para evitar asentamientos en la construcción, desmontando el dispositivo se procede a demoler el extremo del pilote la altura que ha sobresalido y se cabecea. El cabeceo consiste en recolar aproximadamente 15 centímetros del pilote, dejando la superficie uniforme. Se coloca nuevamente el dispositivo de control para cargar al pilote, este proceso se repite cuantas veces sea necesario y en los pilotes que se requieran. Fig. III-4.

Los pilotes de control tienen otras aplicaciones, una de ellas es la renivelación de edificios con asentamientos diferenciales, para ello se requiere de los dispositivos de control en los pilotes, así como de las celdas y dados de cimentación. En el dispositivo se instala un gato hidráulico entre pilote y vigueta; mediante este gato apoyado en el pilote, se puede sostener, subir ó bajar el nivel de la construcción, accionando el mismo hacia arriba ó hacia abajo.

III-B.- RECOMENDACIONES GENERALES

Al ejecutar la perforación para el hincado del pilote, es recomendable no dejarla abierta mas de 2 días, por que se pueden presentar derrumbes y dificultarse el hincado --

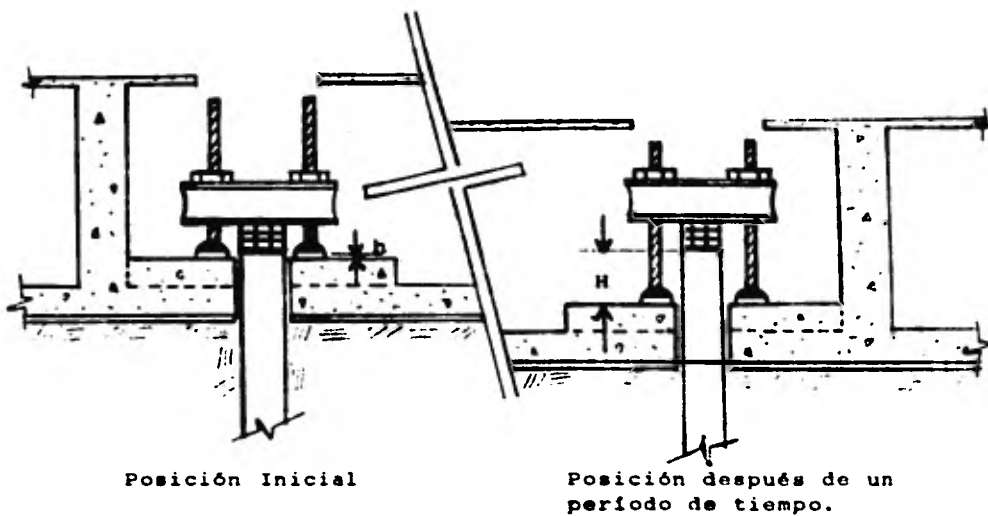


FIGURA III - 3

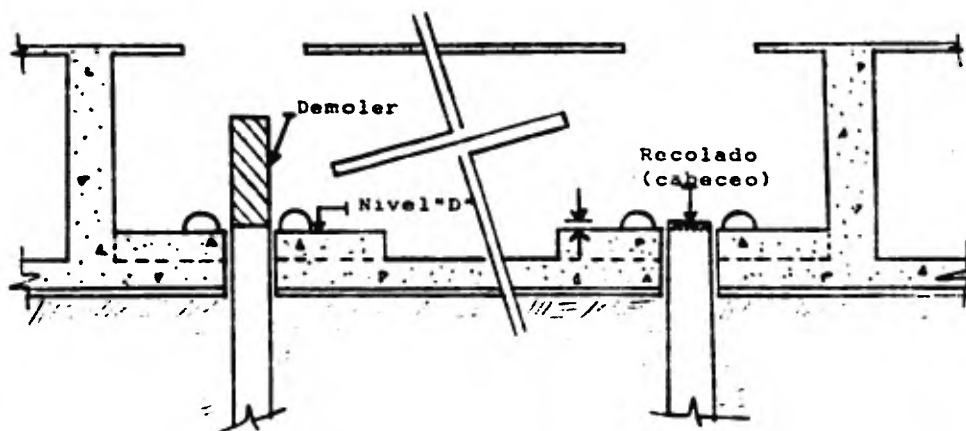


FIGURA III - 4

del pilote.

Los pilotes prefabricados en tramos de 10 metros de largo ó más tienen preparaciones de varilla que se utilizan para las maniobras necesarias de hincado, tales como carga, transporte y montaje del pilote en la piloteadora. Estas preparaciones deberán cortarse antes de que se introduzcan -- junto con el pilote en el suelo.

Deberá cuidarse que la verticalidad de los pilotes no varíe en más de 3 grados.

La perforación previa al hincado del pilote deberá ser de diámetro ligeramente menor que el del pilote a usar, deberá comprobarse la inestabilidad de las paredes de la perforación y en su caso podrá usarse lodo bentonítico para evitar dicha inestabilidad.

Hincados los pilotes y ejecutada la excavación para la cimentación, se procede al cabeceo de los mismos; en la Nueva Basílica se hizo demoliendo el concreto del pilote - al nivel "D" del dado de cimentación, Fig. III-4. se corta el acero longitudinal 20 centímetros arriba del nivel "D", se doblan y se hace un colado de concreto de 15 centímetros dejando la superficie lo más uniforme posible.

Cuando el cabeceo se realiza después de armada y colada la cimentación, se dificulta el mismo, ya que deberá cuidarse de no dejar caer escombros en el espacio entre dado y pilote; la losa tapa no podrá ejecutarse hasta recortar el pilote, por consiguiente se aconseja hacer el cabeceo antes del armado y colado de la losa de cimentación, para no interrumpir el procedimiento constructivo.

Entre el pilote y la cimentación debe dejarse un espacio de aproximadamente 2.5 centímetros que permita el libre paso del pilote através de la cimentación. Si no se cumple con este requisito, se origina una fricción entre pilote y cimentación que modifique las condiciones de asentamiento -

de la construcción por medio del dispositivo de control.

El espacio entre la cimentación y el pilote, se obtiene colocando alrededor del último una capa de espuma rígida de poliestireno de 2.5 centímetros de espesor, Fig. III-5 cubierta con polietileno para evitar que la lechada de concreto al colar la cimentación pase a través del poliestireno y haga contacto con el pilote, lo que provocaría la unión con la cimentación.

Colada la cimentación, se retira la protección de poliestireno bañándolo con gasolina para desintegrarlo y se procede a calafatear el espacio con un cordón de estopa alquitranada.

En la losa tapa se recomienda dejar un registro sobre cada pilote, para poder observar el comportamiento del dispositivo de control y efectuar cualquier trabajo necesario durante la vida de servicio de la construcción.

Las celdas de cimentación deberán estar comunicadas por medio de pasos-hombre a través de las contratraves, -- también por pasos de 10 centímetros de diámetro al nivel de la losa de cimentación a fin de que funcionen como vasos comunicantes cuando por cualquier motivo exista agua en las celdas. El tirante será el mismo en todas ellas y la carga en la cimentación será uniforme.

Cuando una construcción no requiera inicialmente de pilotes de control, se recomienda dejar las preparaciones necesarias para colocarlos posteriormente. Las preparaciones que deben dejarse son : Dados de cimentación, anclas del dispositivo de control y un paso en la losa y dado a través del cual el pilote será hincado; puede lograrse colocando un tubo de lámina ó de cartón, en ambos casos debe llenarse de arena limpia a 10 centímetros por debajo del nivel del dado, se coloca una varilla de señalamiento al centro del paso y se cue-
lan esos 10 centímetros junto con el dado. Fig. III-6. Cuando

se requiera hincar los pilotes, se demolerán los 10 cms. de -
 concreto en el paso, y se retirará la arena, de esta forma se
 evitan daños a elementos estructurales de la cimentación.

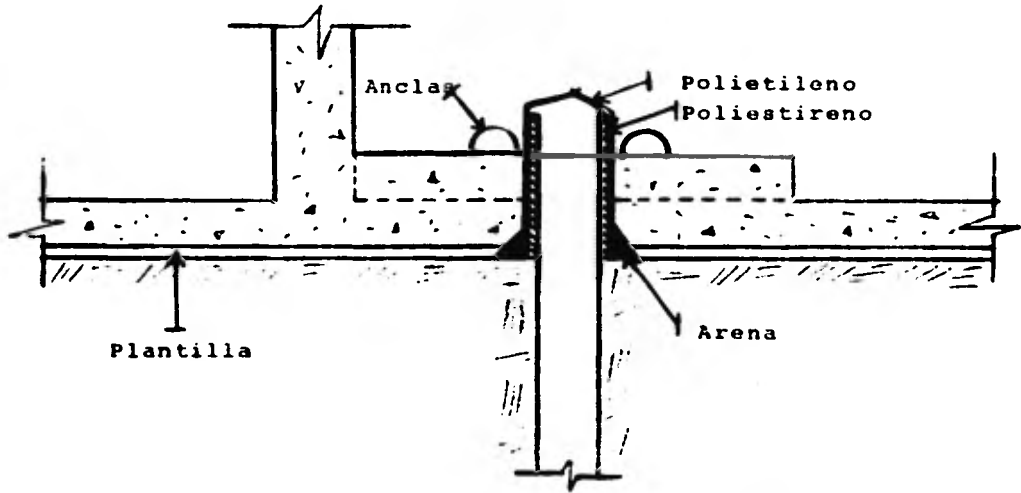


FIGURA III-5

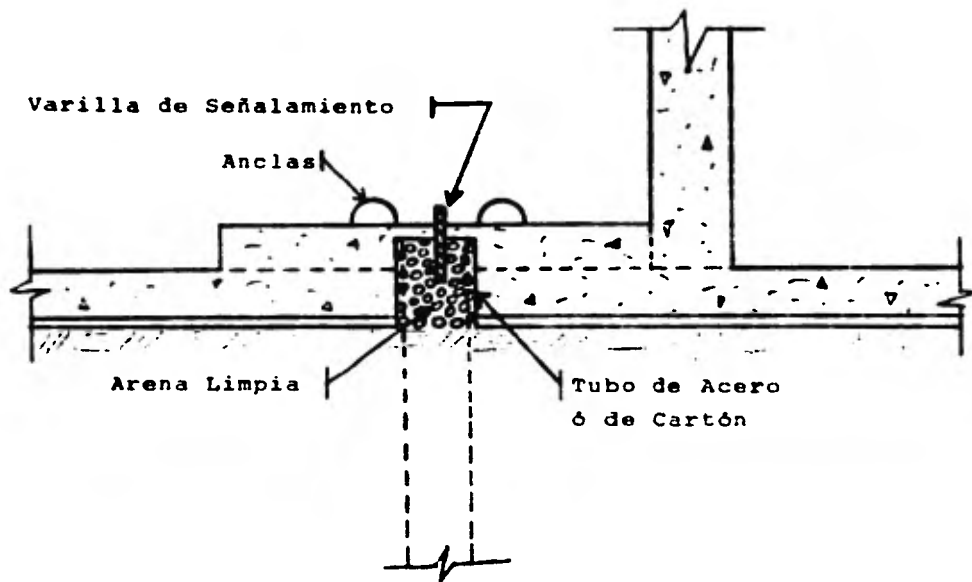


FIGURA III-6

Recomendaciones para el dispositivo de control.-
Revisar constantemente el buen estado de los dispositivos de-
tados y cada uno de los pilotes, para garantizar su correcto-
funcionamiento.

Efectuar nivelaciones desde el inicio de la obra
hasta su término cuando menos una vez por semana, después una
mensual durante 6 meses de concluida la obra, una cada 2 me -
ses hasta 2 años posteriores y a cada 3 ó 4 meses los siguien
ter años.

Se llevará un registro gráfico de las nivelacio-
nes en el que se contemplen las curvas de igual movimiento --
para una mejor interpretación de los mismos.

Llevar un registro histórico en que se encuen---
tren anotadas las cargas a que han estado sometidos los pilo-
tes durante su vida útil.

Deberán revisarse constantemente las celdas en -
donde se encuentran los dispositivos de control de los pilo -
tes a fin de evitar la invasión de aguas freáticas que perju-
diquen los controles de los mismos.

IV.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

IV-A.- TRABAJOS PRELIMINARES

Como en toda obra civil, antes de iniciar cualquier actividad, se visita el terreno en donde se va a construir; una cuadrilla de topógrafos hace el trazo de la obra de acuerdo a los planos, bancos de nivel y alineamientos establecidos, se deberá comprobar que las dimensiones trazadas en el campo concuerden con las acotadas en los planos.

Entre los trabajos preliminares se puede considerar la barda perimetral que se utiliza para delimitar el área de trabajo de la obra y sirve de protección a los peatones en las diferentes etapas de la construcción como son la excavación, cimentación y estructura.

Deberán instalarse oficinas para el personal técnico y administrativo necesario, de dirección de obra y supervisión; un almacén y un patio de materiales, bodegas para el personal de campo, y servicios sanitarios y de agua potable.

IV-B.- HINCADO DE PILOTES (EQUIPO Y PROCEDIMIENTO)

Antes de proceder al hincado de los pilotes, se requiere de un plano de localización de los mismos, la profundidad de cada uno de ellos, las especificaciones y dimensiones de diseño tales como diámetro, tipo de armado, tipo de concreto y su resistencia, para poder fabricarlos. En el plano de localización se indican las acotamientos de los pilotes, para trazar sobre el terreno la posición de cada uno de ellos.

Dependiendo del procedimiento de hincado, se selecciona el equipo y la maquinaria adecuado. Entre los factores que determinan el procedimiento a utilizarse se encuentran: El área y altura que se tenga disponible para realizar maniobras y permitan el libre acceso y movimiento de la maqui

naría y equipo, el tipo de pilote prefabricado ó colado en el lugar, así como las características del mismo.

Dependiendo de los factores mencionados, los procedimientos más usuales son:

- 1.- Hincado por Percusión
- 2.- Hincado por Empuje

El hincado por Percusión se utiliza para cualquier tipo de pilote. El procedimiento en la Nueva Basílica consistió en hacer una perforación previa que se llegó a la capa resistente. La perforación se realizó para atravesar capas menos resistentes que la utilizada como apoyo y que el estudio del subsuelo mostró, y se ejecutó mediante una máquina-perforadora de rotación; formada con la cabina de una draga LS 1088 a la que se le adapta un motor que tiene como función aportar la fuerza de rotación necesaria que hace que la broca gire perforando el terreno.

La perforación deberá estar a plomo, esto se logra cuidando que desde el inicio de la perforación, el tubo de penetración se encuentre a plomo. Una vez que se hicieron todas las perforaciones ó algunas de ellas, se retira el equipo de perforación a la cabina de la draga y se le adapta el equipo de hincado; que consiste en una torre metálica que sirve de guía y sobre la cual se encuentra localizado el martillo que aporta la fuerza de golpeo sobre el pilote.

El pilote prefabricado se forma por tramos de longitud fijada para que resulten económicos, teniendo en cuenta el armado del pilote, el costo de las maniobras que se realicen con él y el costo de la junta entre tramos de pilote. En el caso de la Nueva Basílica la sección transversal del pilote en su primer tramo y parte del segundo es cuadrada y la parte superior del segundo tramo es de sección circular en una longitud de seis metros aproximadamente. En la parte inferior del primer tramo del pilote se forma una punta que facilite -

el hincado; en la parte superior del 1er. tramo se coloca una-placa de acero, lo mismo que en la parte inferior del 2º tramo con las que se unen ambos tramos mediante soldadura.

PROCEDIMIENTO DE HINCADO.- Se situa la piloteadora haciendo coincidir la guía metálica sobre la perforación, - se coloca el 1er. tramo de pilote en ella y se deja que penetre por peso propio, verificando que se encuentre a plomo, se acciona el martillo que golpeará la parte superior del tramo - las veces necesarias para que penetre en su longitud, excepto- unos 30 cms. donde se coloca el 2º tramo en forma colinial al- 1º y se sueldan las placas de unión entre ambos tramos, se gol- pea el 2º tramo de pilote hasta que su extremo superior quede- a nivel del terreno, con una extensión metálica de aproximada- mente 6 metros de longitud en este caso, se continúa golpeando el pilote hasta llevarlo a la profundidad requerida por el pro- yecto. Este procedimiento de hincado se utiliza en campo abier- to en donde se cuenta con la altura y espacio suficiente para- manejar el equipo y la maquinaria. En caso de no ser así, los- pilotes se pueden colocar por medio del empuje que proporcio- nan gatos hidráulicos colocados de modo conveniente.

El hincado a base de Empuje, se usa para cualquier tipo de pilote, de punta ó de fricción, ya sea prefabricado ó- colado en el lugar. En este procedimiento también se puede --- usar una perforación previa.

La perforación en este caso se puede efectuar con una máquina de pequeña altura, menos de 3 metros. Este procedi- miento se utiliza generalmente cuando el edificio se encuentra en construcción ó esta construido en su totalidad y no se cuen- ta con espacio suficiente ni con altura para efectuar la perfo- ración e hincado con máquina piloteadora de percusión.

IV-C.- ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO

En cualquier suelo y a determinada profundidad,- se localiza una zona de saturación. Dentro de la zona de satu-

ración se encuentra el Nivel Freático (N.F.) que se define como el nivel en el cual la presión neutra es cero. En la zona comprendida entre la superficie del suelo y el nivel freático se pueden encontrar suelos secos, húmedos ó saturados.

En la Nueva Basílica el Nivel Freático se encontró a 1.80 metros de profundidad, el cual hubo que abatir para realizar la excavación requerida.

El nivel de aguas freáticas no es horizontal, su conformación sigue de manera atenuada la de la superficie del terreno; ésta no es una regla general ya que algunas veces se presentan crestas ó depresiones dependiendo del tipo de material que se tenga en el suelo, así, en arcillas ó en arenas -- muy finas arcillosas ó limosas, se presentan crestas debido a la absorción de humedad por capilaridad del nivel freático; -- las depresiones se presentan a causa del bombeo local de las -- aguas freáticas.

El N.F. presenta fluctuaciones que dependen básicamente de las precipitaciones pluviales, el máximo nivel puede presentarse en otoño y el mínimo en primavera. Las aguas -- freáticas constituyen un factor desfavorable para la estabilidad de las construcciones, la Ciudad de México presenta uno de los suelos que a nivel mundial es de los más difíciles en cuanto a estabilidad se refiere, debido a su constitución, como ya se vió en el capítulo I.

Conociendo las cotas del N.F. en un número suficiente mediante perforaciones de sondeo, se preparan mapas con las curvas de nivel de la superficie freática, las perforaciones hechas antes de la construcción deberán conservarse en --- buen estado y accesibles a nuevas observaciones mientras dure la construcción y después, hasta que el N.F. haya alcanzado su estado de equilibrio; Por medio de los mapas se conoce el tirante de agua que habrá de abatirse para efectuar la excavación; dependiendo de la profundidad de la misma se puede determinar el tiempo de bombeo, el sistema adecuado y el inicio del

mismo para no afectar el programa de obra.

Antes de iniciar la excavación para la cimentación, debe abatirse el N.F. mediante el bombeo de sus aguas y mantenerse a una profundidad por debajo del nivel de excavación, con esto se logra que la superficie de la misma se mantenga en condiciones de trabajo.

POZO de Abatimiento, es una perforación hecha por percusión ó remoción que se utiliza para la captación de las aguas freáticas y el bombeo de las mismas. Los pozos de remoción son los más usados, se ejecutan con Trépano ó por Rotación. En la Nueva Basílica se hicieron pozos de remoción de 1.0 metro de diámetro, contienen una camisa de acero acanalado de 30 centímetros de radio con ranuras de 1.5 por 15 cms. desfasadas 80 cms. a lo largo del tubo y 30 cms. en el sentido transversal del mismo. Fig. IV-C-1. Al espacio comprendido entre la pared de la perforación y el tubo, se coloca una cama de grava que permite el paso al agua freática a fin de bombearla hacia afuera y abatir el N.F. Para cubrir los 10,000 m² de superficie que se necesitaban abatir en la Nueva Basílica, se hicieron 30 pozos, distribuidos a una separación de 20 metros aproximadamente. El área tributaria de cada pozo se supuso circular con un diámetro de 25 a 30 metros.

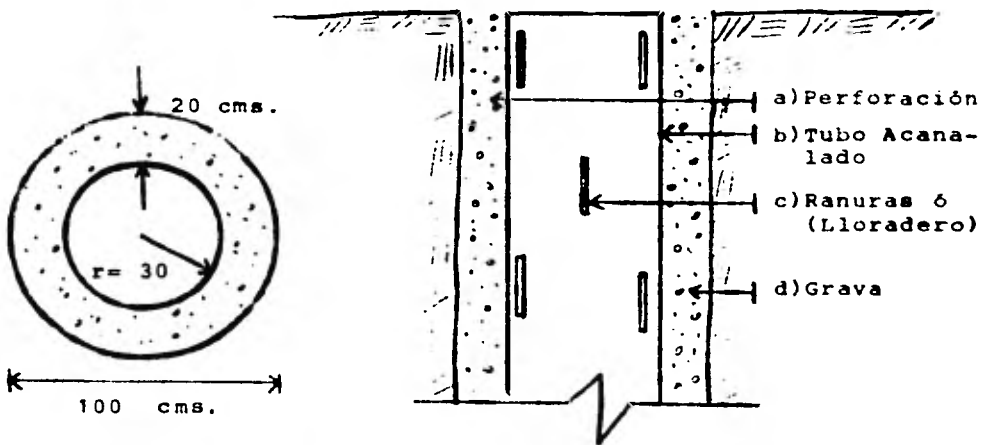


FIGURA IV-C-1

El bombeo para el abatimiento del N.F. se inició 20 días antes de comenzar la excavación a fin de poder realizarla y se continuó durante la ejecución de la cimentación - disminuyéndose en forma tal que el aumento del efecto de flotación debido a la recuperación del N.F. no afectara la presión de la construcción sobre el suelo.

De acuerdo a las especificaciones, el N.F. debía abatirse 6.0 metros por abajo del nivel de excavación para lograr que la humedad debido a la capilaridad no llegue al fondo de la excavación cuya profundidad en el área II es de 6.7-metros y de 5.7 metros en el área I. Se requirieron pozos de 16 y 18 metros de profundidad en el área I y II respectivamente. Fig. IV-C-2.

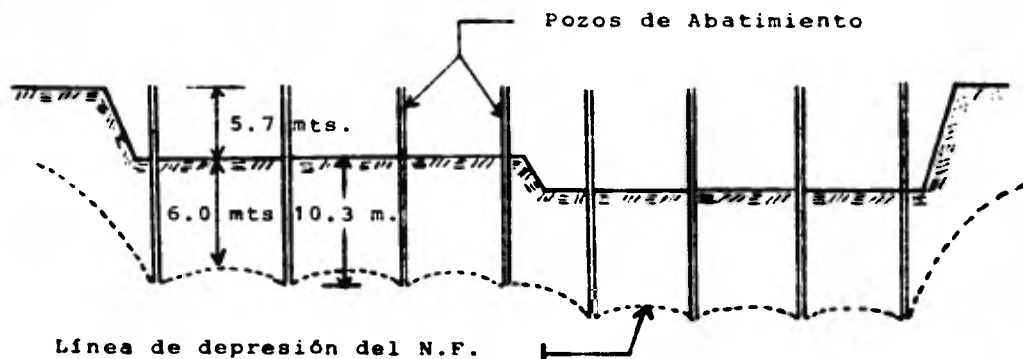


FIGURA IV-C-2

Al dejar de bombear el N.F. trata de recuperar su nivel original, lo que puede ocasionar inundaciones en la cimentación, para impedir las se sellan los pozos; el sellado de éstos en la Nueva Basílica se efectuó en la forma siguiente: Se suelda al pozo una placa de acero que contiene un tubo de 10 cms. de diámetro atravesando la placa, la longitud del tubo es de 60 cms. de tal manera que 40 cms. quedan ahogados en la losa de cimentación y 20 cms. sobresalen, al tubo se le sella con una placa de acero en su parte superior. Fig. IV-C-3.

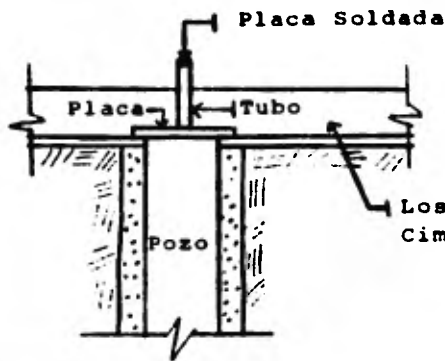


FIGURA IV-C-3

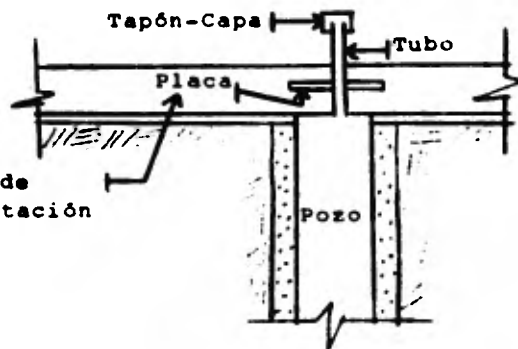


FIGURA IV-C-4

Debido a la posibilidad de utilizar dichos pozos de abatimiento en el futuro, se llevó a efecto una segunda alternativa que consiste en dejar la placa de acero al centro de la losa de cimentación y al tubo de 10 cms. hacerle una rosca en su extremo superior para colocar un tapón en forma de tuerca (Tapón-capa) que se puede quitar cuando así se requiera. Fig. IV-C-4.

En el bombeo de las aguas freáticas para efectuar la excavación en la construcción de la Nueva Basílica, no se utilizó el sistema de colocar una bomba para cada pozo, ya que se hubieran requerido de 30 bombas, lo que representaría complicaciones en el control y manejo, una mayor probabilidad de desperfectos y un costo de mano de obra de instalación y operación elevado; se tendría que contar en la obra con 4 bombas de repuesto por lo menos, para cualquier emergencia.

La instalación del sistema de bombeo en la Nueva Basílica se hizo de la forma que se indica en la Fig. IV-C-5- y consta de los siguientes elementos: 1) interruptor, 2) motor de 10 HP, 3) turbina, 4) flecha, 5) válvula principal, --

DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS FREÁTICAS

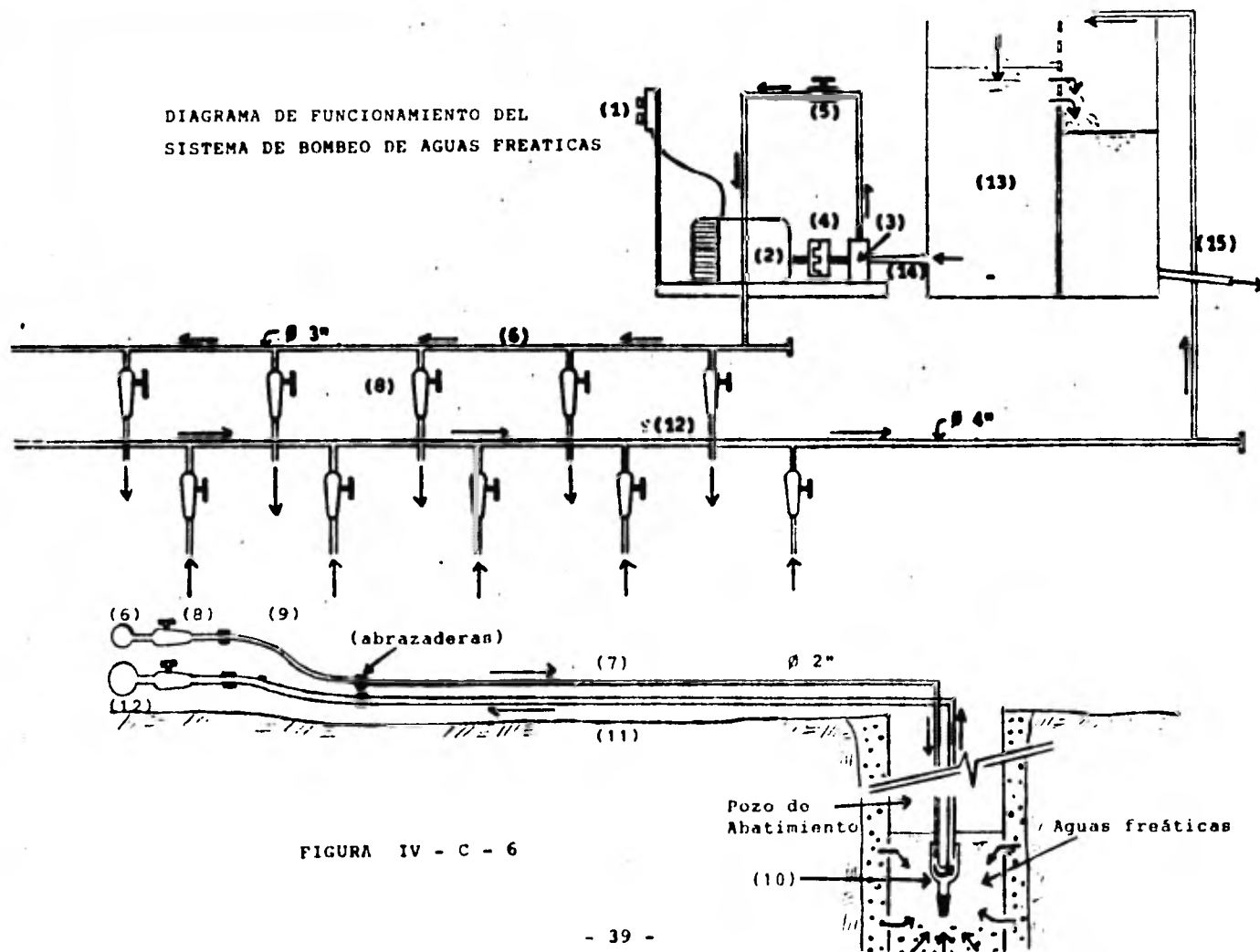


FIGURA IV - C - 6

6) tubería principal de inyección, 7) tubería secundaria de inyección, 8) válvula, 9) manguera transparente, 10) pichancha, - 11) tubería secundaria de descarga, 12) tubería principal de - descarga, 13) cárcamo, 14) tubería de alimentación, 15) tubería de descarga exterior.

Se conectaron los pozos a la tubería dentro de la cual se hizo circular agua a presión. El agua al pasar por cada uno de los tubos que conectan a los pozos, succionó el agua de cada pozo (Por el Principio de Bernulli) de manera análoga como sucede en el tubo de Pitot.

El sistema de bombeo funcionó de la siguiente manera: al accionar el motor, mediante la turbina se inyecta a presión el agua que recibe del cárcamo a través del tubo de alimentación. El agua se mueve a lo largo de la tubería de conexión de los pozos, pasando a las tuberías secundarias hasta la pichancha en donde acciona como succionante logrando extraer agua del pozo, el agua inyectada y extraída se transporta por la tubería principal de descarga hasta vertirla en el cárcamo, de éste, parte del agua es descargada al exterior y la demás alimenta nuevamente la turbina, repitiéndose el ciclo hasta lograr que el N.F. sea abatido al nivel requerido por el proyecto.

El control del sistema se efectúa en forma visual: Si en las mangueras transparentes de inyección y descarga se observa un transporte continuo de agua quiere decir que en ese pozo el bombeo de sus aguas esta funcionando bien, pero si se observa que la manguera no esta llena en su totalidad, quiere decir que la pichancha esta parcial ó totalmente obstruccionada por lo que deberán cerrarse las válvulas de carga y descarga, sacar la pichancha, limpiarla y desasolvar el pozo, posteriormente introducirla ya limpia para su nuevo funcionamiento.

Cuando se requiera bombear mayor cantidad de agua en ciertos pozos, se cierran las válvulas de inyección y descarga de los pozos restantes para obtener mayor presión en

la inyección y por lo tanto una mayor succión y extracción de las aguas freáticas; y viceversa, si el nivel de aguas freáticas ya ha alcanzado el abatimiento especificado en algún pozo, se puede dejar de bombear parcialmente ese pozo con cerrar las válvulas. Una extracción mayor de agua en un pozo se logra también colocando dos pichanchas al mismo tiempo.

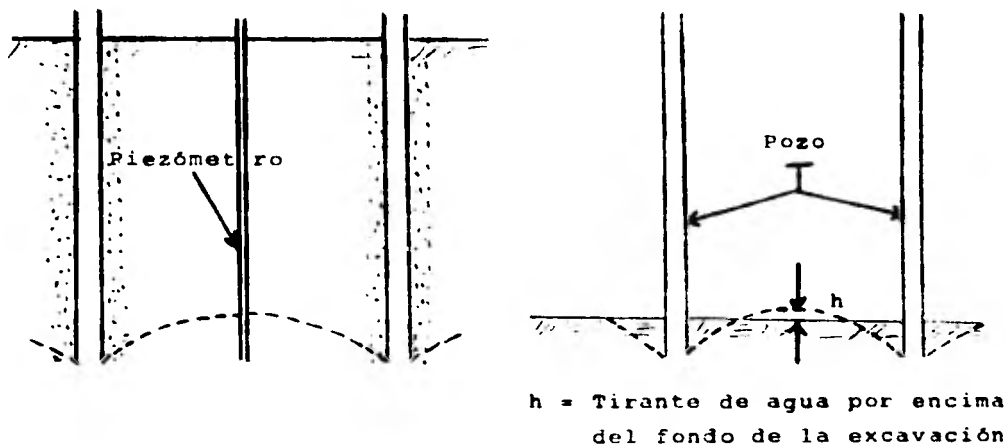
Con el sistema de bombeo antes descrito y dependiendo de la capacidad del motor de la bomba, se logran bombear varios pozos a la vez, formando una red cuya área tributaria es bombeada uniformemente, logrando con esto que ningún pozo sea bombeado más que otro como suele suceder con el sistema de una bomba en cada pozo. En la Nueva Basílica se emplearon 3 redes de bombeo, cada una con un motor de 10 HP. eléctrico y con 10 pozos para cada red, se requirió un control y operación las 24 horas diarias por medio de personal en tres turnos. En cualquier sistema de bombeo que se emplee, el fallo mecánico ó eléctrico trae como consecuencia la inundación de la excavación, por lo que deberán tomarse las precauciones necesarias.

La instalación de cualquier método de bombeo deberá hacerse fuera del área de actividades de la construcción para no interferir en el desarrollo de las mismas, en este caso, a excepción de las tuberías secundarias, los demás elementos del sistema se situaron fuera del área de actividades.

Para conocer las fluctuaciones que presenta el nivel freático antes y durante el bombeo de excavación, se llevó un control de la presión hidrostática por medio de gráficas del nivel, las cuales se obtienen de la medición diaria de la presión através de los piezómetros. Las gráficas indican la profundidad del N.F. que sirve para determinar en que zona se requiere mayor ó menor bombeo y lograr un abatimiento uniforme.

Comunmente se comete un error al creer que el nivel de agua registrado en un piezómetro es el mismo que el registrado en los pozos. Esto no es verdad, ya que al estar bombeando se forma una curva de depresión entre pozos y si el pie

zómetro se localiza entre los pozos, lógicamente y de acuerdo al arco que forma el N.F. el registro señalará un nivel superior al medido en el pozo. Fig. IV-C-6.



h = Tirante de agua por encima del fondo de la excavación

FIGURA IV-C-6

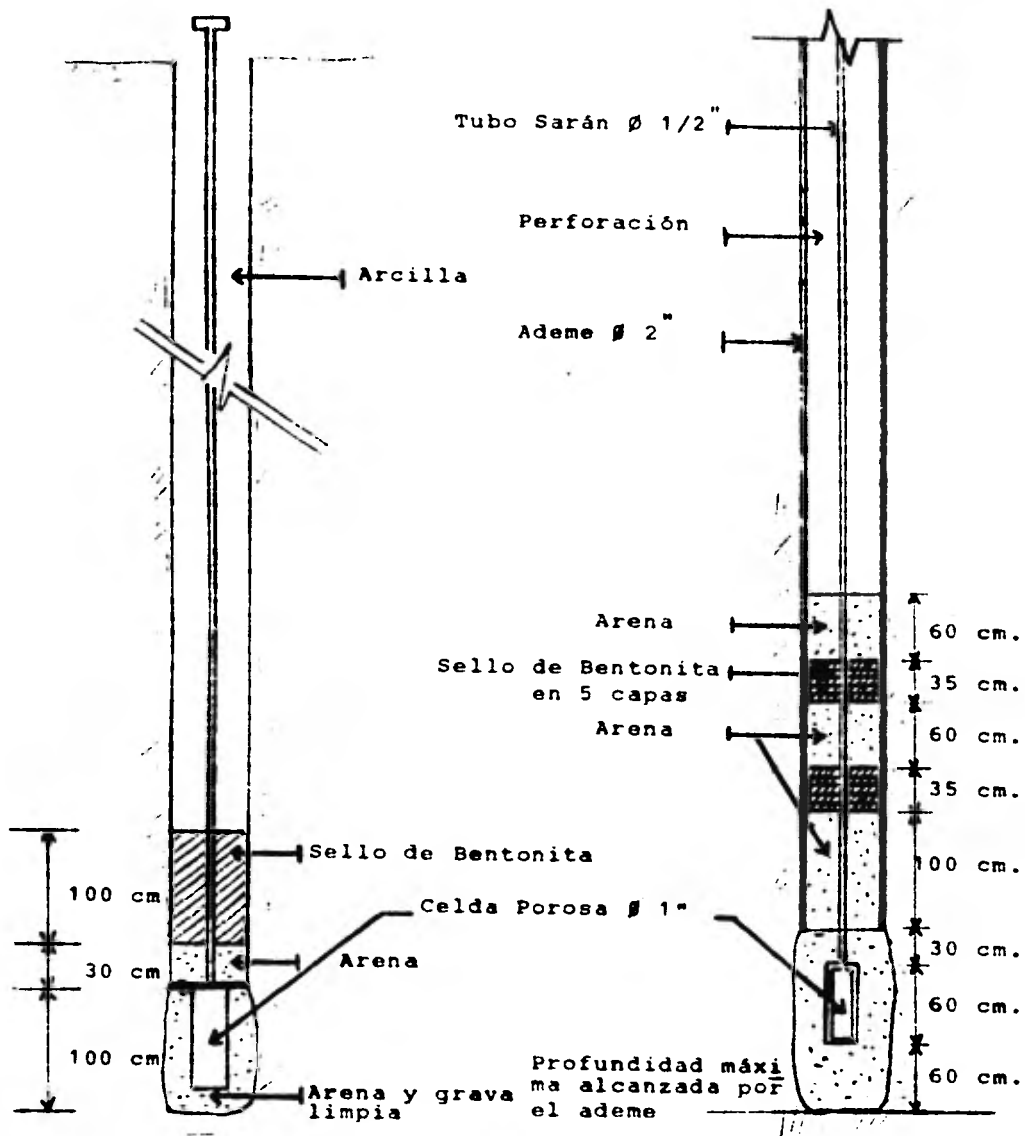
El piezómetro es un aparato cuya función es medir la presión hidrostática del agua freática en un punto determinado y a una cierta profundidad, el principio con el que funciona es el siguiente: La presión existente debido al agua en el extremo inferior de un tubo, puede equilibrarse con una cierta columna de agua actuante en dicho tubo; si el nivel de equilibrio de la columna de agua en el tubo es igual al nivel natural representado por el N.F. quiere decir que en el punto medio la presión en el agua es la correspondiente a la condición hidrostática; si el nivel de la columna es mayor que el nivel de aguas freáticas indicará la existencia de una presión en exceso de la hidrostática y viceversa; si el nivel de la columna de agua es menor querrá decir que hay una presión menor que la hidrostática.

Descripción e intalación de un piezómetro; Fig. - IV-C-7. Se hace una perforación hasta el nivel a explorar, se usa un ademe de 2" de diámetro del cual los últimos 3 metros -

se hincan sin recurrir a lavado ó inyección de agua, para asegurar un buen contacto entre el final del ademe y el suelo, el interior del ademe se lavará hasta el fondo reemplazando el -- agua de lavado por agua limpia y clara hasta que el agua turbia se haya extraído, deberá permanecer lleno de agua limpia; -- el ademe se subirá 60 cms. quedando el fondo de la perforación sin ademar en esa altura, misma que se rellenará con arena lavada y cribada con mallas del número 20 y 40; se sumerge la -- celda porosa junto con el tubo sarán, se satura el piezómetro para asegurar un pequeño flujo hacia afuera de la celda durante su colocación; cuando la celda llegue a la arena, se extrae el ademe otros 60 cms. los cuales se rellenan de arena saturada; se extrae otros 30 cms. el ademe y se rellena nuevamente con arena saturada esos 30 cms. más un metro; toda la arena se rá compactada (10 golpes desde 15 cms. de altura) para contra restar las presiones de expansión de la bentonita que se coloca con una consistencia ligeramente arriba de su Límite Plástico, y se coloca en la perforación en bolitas de 1 cm. de diámetro.

Un sello efectivo de bentonita, se hace con 5 capas compactadas de unos 7 cms. de espesor cada una y entre cada dos capas se coloca una de 2 cms. de espesor de grava redondeada de 1 cm. de diámetro; el sello deberá tener un espesor -- de 35 a 40 cms. aproximadamente. El segundo sello de bentonita se coloca después de otro relleno de arena de 60 cms. de espesor sobre el primer sello, sobre el 2º sello se coloca 1 metro de arena de relleno y el resto de la perforación puede quedar -- abierta ó tapada con tierra.

La instalación del piezómetro utilizado en la Nueva Basílica Fig. IV-C-7, se efectuó de forma semejante al an -- tes descrito, con la variante de que la perforación en su ex -- tremo inferior se rellena de grava y arena limpia en una altura de 1.30 metros y el sello de bentonita es de 1.0 metro. Ambos piezómetros desarrollan la misma función con resultados -- semejantes.



PIEZOMETRO UTILIZADO EN LA
NUEVA BASILICA (CASA GRANDE)

PIEZOMETRO

FIGURA IV-C-7

La medición del nivel de agua en el piezómetro se realiza instalando en la superficie del terreno un ohmetro, -- sus terminales se juntan cuidando que permanezcan aisladas en un solo cable de diámetro pequeño para que pase a través del tubo serán. El cable será flexible para facilitar el descenso -- por el tubo y debe lastrarse con masas pequeñas de plomo, esto se logra enrollando lámina de plomo al cable en secciones de 2 a 3 cms. espaciados 2 ó 3 cms. En el extremo inferior del cable se coloca un taquete de hule a través del cual pasan las 2 terminales del ohmetro ya sin recubrimiento protector. La función del taquete es evitar un falso contacto. Cuando las terminales tocan el nivel del agua, se cierra el circuito alimentado por la batería del ohmetro; en la superficie del terreno la aguja del aparato se mueve en forma brusca. Se recomienda untar grasa a las terminales para impedir la adherencia capilar del agua y poder verificar la medición las veces necesarias bajando y elevando el dispositivo y observando la profundidad a la que se registra el circuito.

IV-D.- EXCAVACION Y RELLENO

EXCAVACION.- Como la cimentación de la Nueva Basílica fué por compensación, se excavó el material cuyo peso fue ra aproximadamente igual al Peso de la Construcción.

Para realizar el proyecto de cimentación y poder-estimar los efectos de sobrecarga, excavaciones y empujes, se estudio entre otros aspectos la Expansividad: Es característico en las arcillas del Valle de México, que por su alta compresibilidad se acusen deformaciones importantes al alterarse el estado original de esfuerzos; Las deformaciones se traducen en hundimientos ó expansiones por sobrecargas ó descargas impuestas al terreno; Debido al volúmen de excavación a ejecutar, el problema de la Nueva Basílica se enfocó a las expansiones, determinandose que la inmediata sería de 7 cms. máximo y las diferidas hasta 20 cms., pudiéndose abatir éstas al 30% si el -- tiempo de construcción en cada zona no excediera de 2 meses, - lo cual se logró; También se estimó que con la existencia de - pilotes se reduciría dicha expansión.

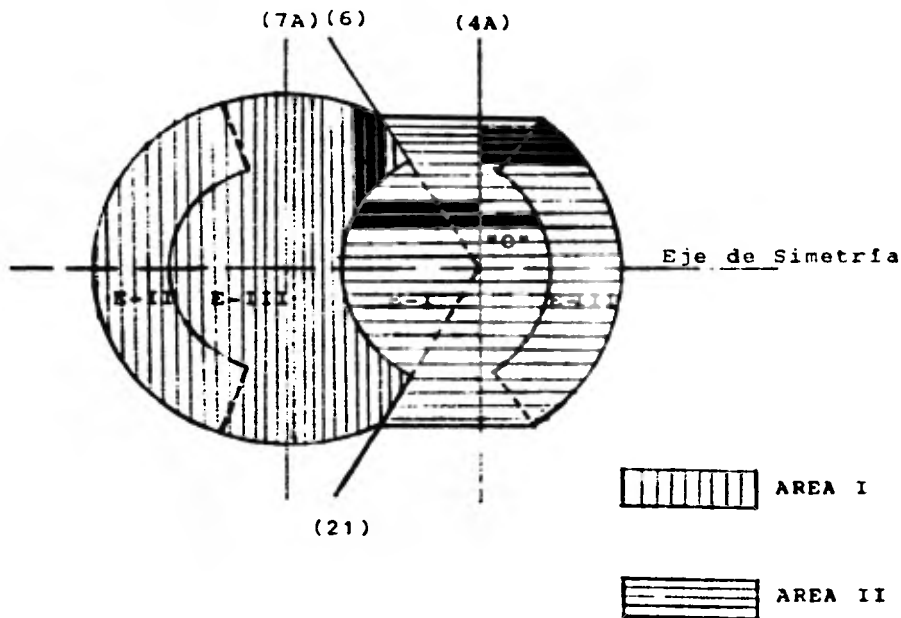
La zona norte - oeste, sur-este, sur - oeste, es más compresible que la norte - este, dada la cercanía al cerro del Tepeyac, y por cargas de preconsolidación inducidas por el peso de la Basílica Original.

En la Ciudad de México, es común que durante ó -- después de la construcción de una obra, se presenten bufamientos y/ó hundimientos. El bufamiento se presenta en áreas grandes de excavación debido a que el subsuelo (fondo de la excavación) antes de efectuar la misma se encuentra sometido a una - carga originada por el peso del volúmen excavado.

El bufamiento puede reducirse controlando que la excavación se ejecute por etapas y recargando el terreno en el menor tiempo posible con el peso de la construcción. Si en una excavación se presentan bufamientos, éstos se transforman en -

hundimientos que pueden dañar la construcción y las edificaciones vecinas.

Debido al área de construcción de la Nueva Basílica (10,000 M²) a la profundidad de excavación de 5.7 y 6.6 metros en el área I y II, y para reducir al mínimo el hundimiento del terreno, la excavación se realizó en tres etapas.-
Fig. IV-D-1.



" O " centro de ejes
E-I Etapa I
E-II Etapa II
E-III Etapa III

FIGURA IV - D - 1

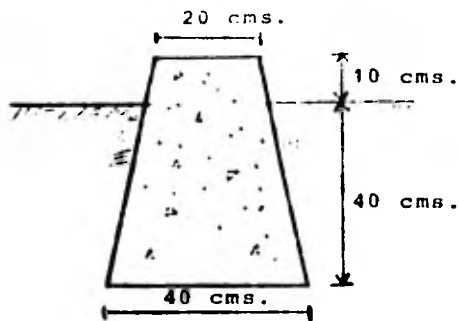
Excavada la etapa I se consideró que no debía iniciarse la etapa II hasta estar cargada en su totalidad con la losa de cimentación de la etapa I; la etapa III se empezó a excavar estando cargadas las etapas I y II con el núcleo central, losa y traveses de cimentación.

En la excavación de la etapa I, aún con el efecto restrictivo de los niveles, se presentaron hundimientos de 2.5-cms. debido a que antes de ser recargada la zona, se ejecutaron trabajos como: la demolición de cabezas de pilotes, su cabeceo, el armado del núcleo y columna central, y el de las contrarabes, de los dados y de la losa; así como el cimbrado de estos elementos con ritmo poco acelerado. Como consecuencia -- posteriormente se presentaron hundimientos de 2.5 cms. en esta zona I. En las demás zonas se pudieron controlar estos cambios volumétricos debido al ritmo acelerado con que se ejecutaron dichos trabajos.

Antes de iniciar el bombeo de las aguas freáticas y la excavación, se instalaron elementos de control por medio de los cuales se obtienen los datos que permiten visualizar -- los cambios de volumen que experimenta el terreno antes, durante y después del proceso de bombeo, excavación y construcción del edificio.

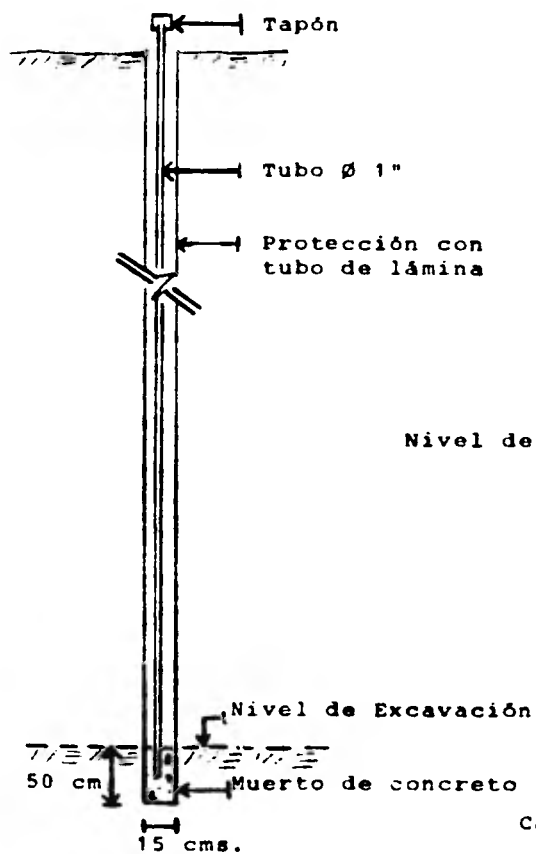
Los elementos de control son los llamados bancos de nivel; Un banco de nivel consta de un muerto de concreto -- simple y dependiendo de su profundidad y localización se clasifican en : a) Banco de Nivel Superficial, Fig. IV-D-2, es aquel que se instala en la superficie del terreno y fuera de la influencia de todo movimiento, se estima que alejándolos cuando menos 100 metros de la obra y de cualquier obra recientemente construida, se podrá lograr el objetivo deseado. b) Banco de Nivel Flotante, Fig. IV-D-3, es aquel que se instala a 50 cms. abajo del nivel de excavación de proyecto y c) Banco de Nivel Profundo, Fig. IV-D-4, es aquel que se instala en una capa dura del subsuelo; con respecto a este último, en la Nueva Basílica hubo dos alternativas: 1.- Colocar el banco de nivel a una profundidad de 37 metros ó 2.- Elegir un punto adecuado en el macizo rocoso del cerro Tepeyac que se encuentra adyacente a la obra.

Se corrió la 1a. nivelación refiriéndola a uno -- cualesquiera de los bancos superficiales, la cual deberá in --



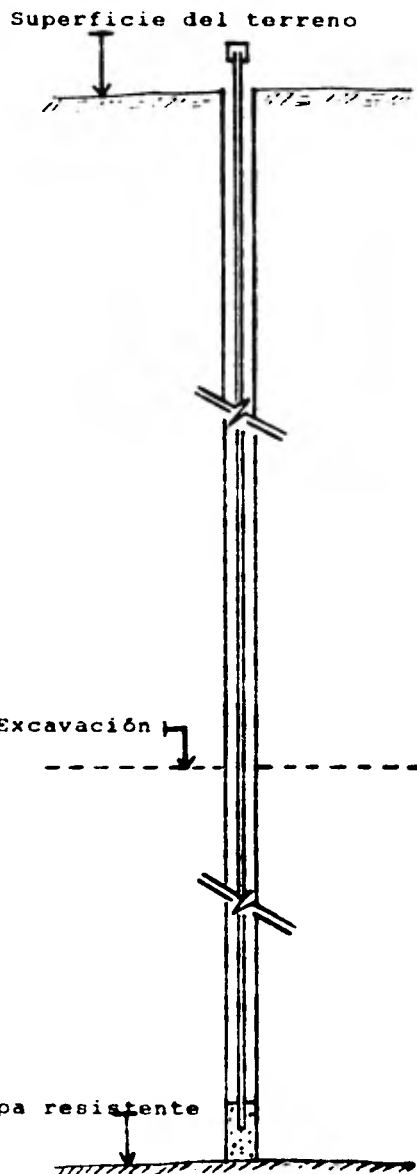
BANCO SUPERFICIAL

FIGURA IV-D-2



BANCO DE NIVEL FLOTANTE

FIGURA IV-D-3



BANCO DE NIVEL PROFUNDO

FIGURA IV-D-4

cluir los bancos flotantes, los demás bancos superficiales y el banco profundo. Con las cotas así obtenidas se estuvo en condiciones de determinar en cualquier momento los movimientos (bujamientos y hundimientos) asociados a la obra y el hundimiento general del Valle de México en esa zona.

La nivelaciones se hicieron con la frecuencia a que obligaron las etapas de construcción y a los cambios volumétricos que se observaron en el terreno, así se puede decir que antes del bombeo se corrió una nivelación y durante el mismo se hicieron semanalmente; durante la excavación se hicieron 1 ó 2 nivelaciones por semana y lo mismo se hizo para la etapa de recarga del terreno ó sea durante la construcción de la cimentación y estructura. Posterior a la terminación de la obra se haría una nivelación al mes durante el primer año y dos veces al año en los subsecuentes.

RELLENO.- Construida la cimentación incluyendo el muro de contención, Fig.II-2, se procedió a rellenar el espacio comprendido entre el talúd y el muro de contención. En la Nueva Basílica, el relleno se efectuó con material limo-arenoso (tepetate) compactado al 95% de su peso volumétrico seco máximo, obtenido de la Prueba Proctor.

Compactación de un suelo es el mejoramiento de sus propiedades mecánicas obtenidas por medios mecánicos. A diferencia de la consolidación de un suelo en la que el peso específico del material crece gradualmente bajo la acción natural de cargas que originan la expulsión del agua por difusión. Ambos procesos dan origen a una disminución de volúmen. La importancia de la compactación de un suelo consiste en aumentar su resistencia y disminuir su capacidad de deformación al someterlo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico, disminuyendo sus vacíos.

El método utilizado para la compactación de un suelo depende del tipo de material del que este compuesto; por ejemplo, para materiales puramente friccionantes como la arena

los métodos vibratorios son eficientes; mientras que en suelos plásticos el procedimiento de carga estática resulta más eficiente. La eficiencia de una compactación depende de dos factores: 1.- El contenido de humedad (óptima) y 2.- La energía de compactación suministrada al suelo.

El control en la compactación de un suelo se efectúa investigando el grado de compactación, comparándolo con el grado mínimo aceptable que varía según la importancia y función de la obra. El grado de compactación de un suelo, es la relación en porcentaje del peso específico seco obtenido en la obra al máximo especificado en el laboratorio.

El material a compactar se deposita en capas de 10 a 30 cms. de espesor, siendo lo más usual 20 cms. Para realizar las pruebas de compactación mediante el método Proctor-Estándar, se requiere de a) un molde estándar de compactación-cilíndrico de 4" de diámetro, el molde se fija a una base metálica con tornillos de mariposa; b) un pisón estándar de 5.5 libras de peso que se deja caer desde una altura de 12"; c) una guía metálica para el pisón; d) una regla metálica; e) una balanza de laboratorio y f) una balanza de plataforma de 50 gr.- a 15 Kg. de capacidad.

Procedimiento: Se seca una muestra del material de unos 2.5 Kg. de peso y se retira el material mayor que la malla #4; Se determina y registra la tara del molde Proctor junto con su placa metálica en la base; Se agrega a la muestra agua suficiente para obtener una mezcla ligeramente húmeda, que aún se desmorone cuando se suelte después de ser apretada en la mano; Dentro del molde, el material se coloca en tres capas iguales compactando cada una de ellas con 25 golpes del pisón; Se quita la extensión del molde enrasando la parte superior del cilindro con la regla metálica; Se determina y registra el peso del cilindro con la placa de base y el suelo compactado; Se retira el suelo del molde y se obtiene el contenido de agua de dos muestras representativas de 100 grs.; Se repite el procedimiento con un contenido de agua mayor; así suce

sivamente hasta obtener dos puntos en la gráfica de compactación que se sitúen arriba de la humedad óptima; Se dibujan -- los resultados obtenidos en una gráfica que tenga como abscisas los diferentes contenidos de agua y como ordenadas los pesos específicos seco y de la masa.

Los resultados de estas pruebas pueden ser erróneos si: no hay eficiente mezclado del suelo con el agua, no se reparten uniformemente los golpes del pisón sobre la superficie de la muestra; y el uso continuado de la misma muestra, entre otros.

IV-E.- C I M E N T A C I O N

Hecha la excavación al nivel especificado, se procedió a colocar una red de drenaje a base de tubos de concreto perforado, por medio de la cual se intercomunican los pozos, - Fig. IV-E-1, la red sirvió para recoger el agua pluvial y la que pudiera haber en el fondo de la excavación y descargarla en los pozos, de donde se bombeó. También sirvió para distribuir las presiones del agua freática al recuperar su nivel.

A medida que se colocó el dren, se tendió una plantilla de concreto simple de $F'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ de 10 cms. de espesor, no tiene ninguna función estructural, sirve para obtener una superficie en condiciones de trabajo y permite un buen desplante de los elementos estructurales.

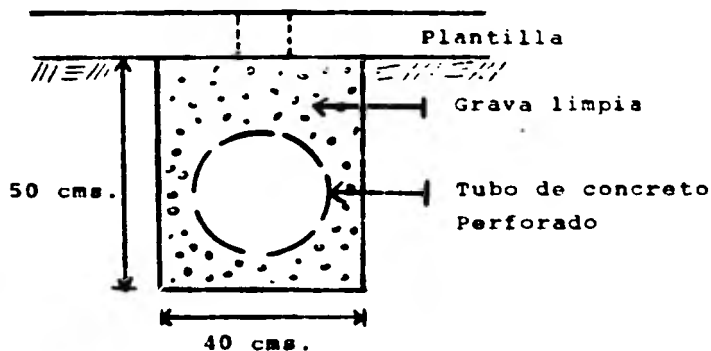


FIGURA IV-E-1

Colocada la plantilla, se cabecearon los pilotes a la altura especificada, se arman (previo trazo topográfico) los elementos estructurales de la cimentación como con: Losa, dados, Núcleo central, contratraves, también la columna central, muros, marcos y columnas; se colocan los anclajes del dispositivo de control en los dados de los pilotes y se protegen a éstos como ya se indicó en el capítulo III-B, para obtener el espacio entre pilote y cimentación.

El cimbrado y colado de los elementos estructurales mencionados anteriormente se efectuó siguiendo las mismas etapas de excavación ya expuestas en el capítulo anterior y en el siguiente orden:

19.- Losa y dados de cimentación; Para el colado de la losa se hizo un plano de juntas de colado en el cual se indica las partes en que fué dividida el área total de la losa para el colado de la misma, se siguió el criterio de colar --- áreas mínimas de 500 m^2 a fin de evitar muchas juntas de colado, reducir al mínimo el riesgo de filtraciones de agua freática y obtener una construcción lo menos fragmentada.

En la unión de concreto colado con concreto nuevo (junta de colado) Fig. IV-E-2, se colocó una banda de P.V.C. - de 30 cms. de ancho quedando la mitad de la misma embebida en ambos concretos, con el fin de evitar filtraciones de agua --- freática.

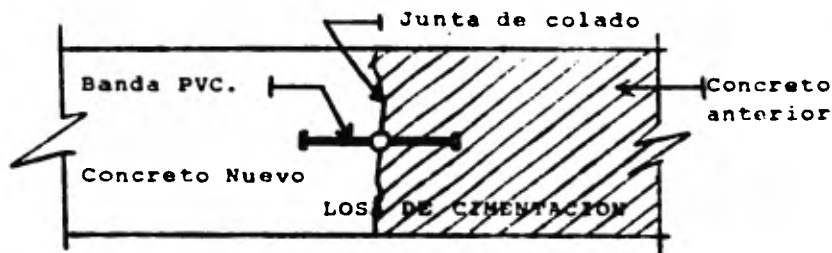


FIGURA IV-E-2

20.- Núcleo Central.- Como ya se dijo, es una masa de concreto reforzado de 2.95 metros de peralte y 16.45 metros de diámetro, cuyo volumen es de 626.97 M^3 . Para colar este elemento se generaron dos alternativas: A) colarlo en 3 etapas de 98 cms. de peralte cada una, obteniendo juntas de colado en las que pudieran originarse esfuerzos; el tiempo de ejecución de cada etapa sería de 1 día por lo menos., y B) colarlo monolíticamente; alternativa que se llevó a cabo y mediante la cual se evitarían esfuerzos en las juntas de colado, se redujo el tiempo de ejecución debido a que se cimbró en su

totalidad; la duración del colado fué de 9 horas logrando una-
velocidad de colado de 70 M^3 de concreto por hora. Para llevar
a cabo este colado, se utilizó una planta de concreto situada-
en la obra y se recurrió a dos fábricas de concreto premezcla-
do, todo el concreto fué colocado en el Núcleo con 3 bombas de
concreto.

39.- Contratraves Radiales y Circunferenciales de
Cimentación.- El colado se hizo asemejándose al método del te-
nedor, consistió en colocar la tubería de la bomba de concreto
hasta la trabe más alejada dejando tramos de tubería armada en
las demás trabes, de tal manera que cuando se llenaba la con-
tratrabe más alejada de concreto, se pudiera desconectar la tu-
bería y conectarla en el tramo siguiente, así sucesivamente --
hasta colar todas las trabes.

Con este método y en este tipo de cimentación, se
evitan las juntas frías en un colado, (juntas en las cuales el
concreto ha alcanzado su fraguado inicial y encima de él se co-
loca concreto nuevo). Se hizo un plano de juntas de colado pa-
ra las contratraves semejante al de la losa de cimentación.

La altura de colado fué 12 cms. abajo de la altu-
ra total de las contratraves, para alojar la losa tapa la cual
se cimbró, armó y se coló después de terminadas las contratra-
bes. Para el colado de la losa tapa también se elaboró el pla-
no de juntas de colado con una área mínima de colado de 500 M^2 ,
la junta entre colados se efectuó al centro de las contratra-
bes.

Los elementos estructurales: Losa, dado, contra-
traves y losa tapa, forman lo que se ha llamado Celdas de Ci-
mentación.

Se ha dicho que la losa y los dados de cimenta --
ción se colaron primeramente y después las trabes, Fig. IV-E-3,
esta solución se comparó con otras dos alternativas como se --
muestran en la Fig. IV-E-3 "a" y "b". Sin embargo, con la al-
ternativa adoptada "c" se logró integrar perfectamente la losa

y el dado con la contratrabe mediante un colado monolítico, eliminando juntas de colado en las que pudieran presentarse esfuerzos.

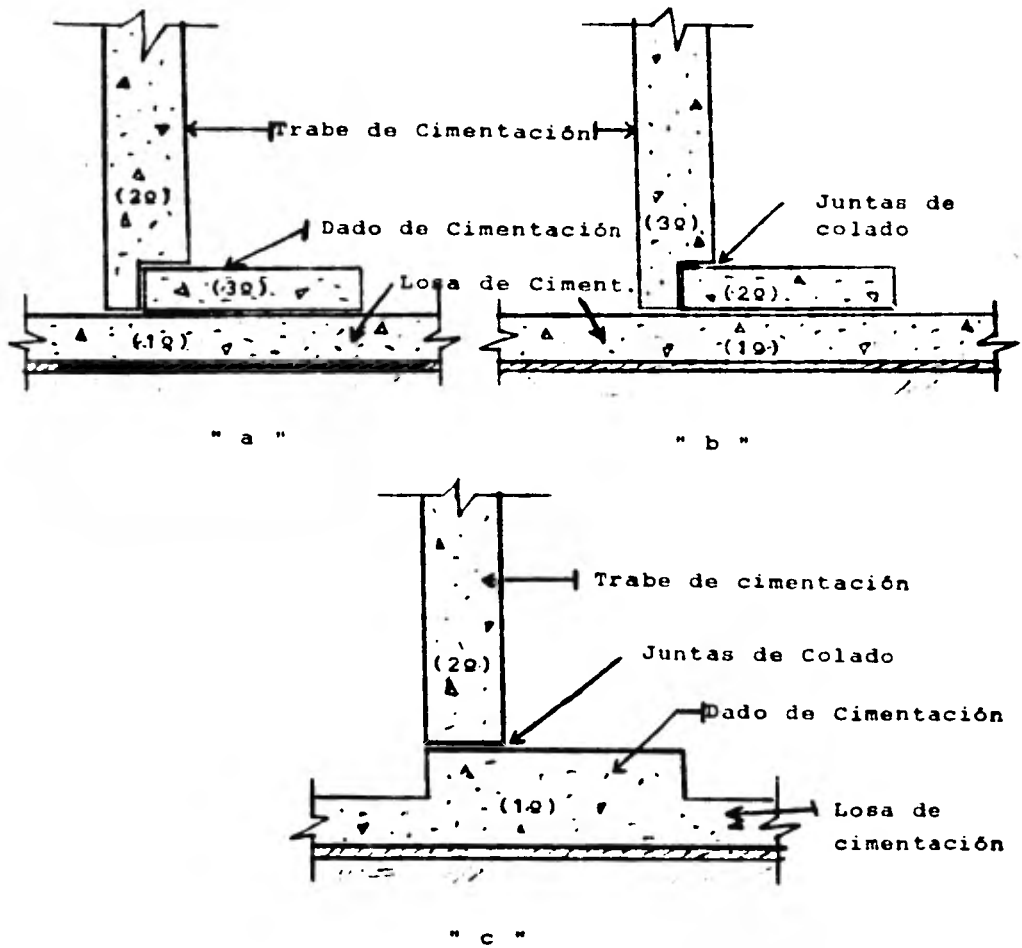


FIGURA IV-E-3

V.- CONCLUSIONES

1a.- El suelo de la Ciudad de México en la zona de los lagos es compresible (deformable) y ésta compresibilidad aumenta cuando se ha extraído agua del subsuelo. Es necesario evitar dicha extracción y tratar de reintegrar el agua para disminuir el enjuntamiento del terreno, con lo cual se lograría una mejor estabilidad en las construcciones.

2a.- Es necesario tener un estudio general del comportamiento del suelo de la Ciudad, así como uno local para cada tipo de construcción a fin de proyectar la cimentación adecuada.

La amplitud del estudio de Mecánica de Suelos está en función de la magnitud del edificio a construir, así como del funcionamiento que se le dé.

3a.- El subsuelo donde se construyó la Nueva Basílica se localiza en la llamada zona de transición de la Ciudad de México y en las proximidades del cerro Tepeyac, constituido por dacita cuyo origen data de la era Pliocénica, su presencia en la colindancia de la Basílica Original y el Convento de Capuchinas ha sido causa fundamental de los hundimientos diferenciales que ambos edificios han sufrido. Para evitarlos, la cimentación de la Nueva Basílica se realizó por compensación y con pilotes de control. Para compensar totalmente el peso del edificio se requirió de una excavación mínima de 5.50 metros de profundidad.

Por la forma del edificio y distribución de apoyos, las descargas son de tal forma que presentan fuertes concentraciones en la columna central y en las perimetrales que pueden traducirse en hundimientos locales; debido a esto, se empleó una cimentación combinada con pilotes que pueden transmitir excesos de carga hacia la capa resistente y que contie-

nen un dispositivo regulador de carga para transmitir el peso - que se estime necesario. El total de los pilotes es capaz de -- tomar todo el peso de la construcción.

4a.- Debido al problema de la Expansividad y para garantizar el buen funcionamiento de la cimentación y estructura, fué necesario adoptar una medida que permitiera solventar - también este problema: Los pilotes de control desplantados a -- 35 metros de profundidad fué la decisión que se adoptó.

5a.- Teóricamente no se esperaban asentamientos de bido a una ligera sobrecompensación estimada, sin embargo se de tectaron asentamientos a 60 metros de distancia de la obra, del orden de 5 mm a 3 cms. pudiendo ser regionales y no a causa de la obra. Por lo cual se considera importante que en construc -- ciones de esta magnitud, se vigile el comportamiento Suelo-Es - tructura y se investiguen los efectos que puedan dar a la Inge - niería elementos de apoyo para mejorar las Técnicas de Construc ción.