

Nº 109  
2E J.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

RECIMENTACION DE LAS CENTRALES  
TELEFONICAS ASENTADAS EN LA  
CIUDAD DE MEXICO

T E S I S  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A N :  
JOAQUIN SANCHEZ ALONSO  
ALFREDO DIAZ ALCANTARA

MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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.

RECIMENTACION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS ASENTADAS EN LA CIUDAD  
DE MEXICO

- 1 . INTRODUCCION
  - 1.1 Antecedentes
  - 1.2 Objetivo de la tesis
- 2 . DESCRIPCION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS
  - 2.1 Inicio de la red telefónica en la Ciudad de México
  - 2.2 Condiciones generales antes de septiembre de 1985
  - 2.3 Adecuaciones estructurales a las Centrales para cumplir con el RCDF de 1987
- 3 . CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LA CIMENTACION ANTES DE SEPTIEMBRE DE 1985
  - 3.1 Estructuración típica de la cimentación de las Centrales Telefónicas
  - 3.2 Capacidad de carga en pilotes
  - 3.3 Mecanismo de transferencia de carga
- 4 . DAÑOS OBSERVADOS DESPUES DE LOS SISMOS
  - 4.1 Principales daños en la estructura de algunas Centrales Telefónicas
  - 4.2 Principales daños en la cimentación de algunas Centrales Telefónicas
  - 4.3 Conclusiones
- 5 . RECIMENTACION USANDO PILOTES
  - 5.1 Criterios para la recimentación
  - 5.2 Información geotécnica
  - 5.3 Factores que influyen en la determinación del proceso de hincado
  - 5.4 Perforación previa
  - 5.5 Hincado de pilotes
  - 5.6 Pruebas de carga
- 6 . CONCLUSIONES

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 ANTECEDENTES

Los sismos de 1985 afectaron diferentes ciudades del país y causarón desastres en la Ciudad de México. La magnitud de estos sismos excedió las previsiones del reglamento de construcciones vigente en ese tiempo.

En consecuencia, hubo necesidad de ajustar el reglamento contemplando las nuevas exigencias sísmicas. Ante esto, todas las construcciones de importancia para el funcionamiento de la Ciudad de México, así como aquellas donde existe una gran concentración de personas tuvieron que ser revisadas; evaluadas y en su caso reforzadas para cumplir con las condiciones mínimas que señala el nuevo reglamento.

Por otro lado, una necesidad fundamental para el desarrollo de las ciudades es la comunicación. En la Ciudad de México la red telefónica es de gran magnitud e importancia, por ello se tuvo que efectuar una revisión de todas las instalaciones y proponer las modificaciones necesarias para su buen funcionamiento. Además existieron instalaciones que resintieron los efectos de los sismos siendo estas las primeras en ser evaluadas y reestructuradas.

En el presente trabajo se aborda la problemática de los trabajos de recimentación de las Centrales Telefónicas por medio del uso de pilotes.

## 1.2 OBJETIVO DE LA TESIS

Este trabajo esta basado en las obras de recimentación de las Centrales Telefonicas asentadas en la Ciudad de México.

A continuación se hace una presentación breve de los puntos tratados en los diferentes capítulos que forman el presente documento , el cual tiene como finalidad dar a conocer la secuencia de las acciones necesarias para una recimentación por medio de pilotes.

En el capítulo 2 se hace una descripción de lo que son las Centrales Telefonicas , además se resalta su importancia para el funcionamiento correcto de la Ciudad , las condiciones en que se encontraban antes de septiembre de 1985 y las posteriores modificaciones que sufrierón para adecuarse al nuevo reglamento de construcciones.

En el capítulo 3 se presenta un análisis de los dos tipos más comunes de cimentaciones utilizadas en estos edificios , cabe mencionar que en ambos casos se usan pilotes. Se hace un breve estudio relativo a al capacidad de carga en los pilotes y de como transfieren la carga a los estratos más profundos.

En el capítulo 4 se relata brevemente los daños que causarón los sismos de septiembre de 1985 , tanto en las instalaciones telefónicas como en la estructura de las Centrales.

En el capítulo 5 se aborda el punto fundamental del tema de esta tesis , resaltando los factores que influyeron para la ejecución de los trabajos de recimentación . mediante el uso de pilotes en tramos cortos . además de la utilización de maquinaria fabricada especialmente para este fin.

Se tratan también algunos puntos importantes del procedimiento para el hincado de pilotes.

Finalmente en el capítulo 6 se asientan las experiencias derivadas de los trabajos de recimentación efectuados en las Centrales Telefonicas , con el fin de que se puedan utilizar en otros problemas similares.

## 2. DESCRIPCION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS

### 2.1 INICIO DE LA RED TELEFONICA EN LA CIUDAD DE MEXICO

La red telefonica es un reflejo de las condiciones de crecimiento de las ciudades. En el desarrollo de las redes se busca optimizar los proyectos , ubicando lo más adecuadamente posible las máquinas de conmutación , reduciendo con esto la longitud de los medios de conexión , o sea , el cableado ; con esto se reducen tanto los problemas en las señales como los costos de las obras.

La edificación de la primera Central automática fue en el año de 1932 y se localizó en la calle de Victoria . Esta área continuó creciendo telefónicamente como aumentaba la Ciudad. A partir de este momento se fueron construyendo nuevas Centrales , cubriendo cada una de ellas un área específica , para con esto subsanar la demanda del servicio.

Al instalarse la primera central automática de larga distancia en el año de 1960 , se logró que la máquina operara en el área de mayor densidad de líneas , logrando reducir con esto las grandes longitudes de conexión.

El crecimiento de la Ciudad obligó en el inicio de la década de los setentas a incrementar la capacidad para el manejo de largas distancias ; para esto , se instaló una Central de mando telefónico con programa almacenado , siendo en su momento una de las más

grandes y modernas del mundo. Por razones de confiabilidad este mando telefónico se instaló en los edificios cercanos a la Central Victoria ya que la red de cables , las líneas telefónicas y los centros de operadoras se encontraban en esas zonas.

Hasta el momento toda la Ciudad cuenta con suficientes instalaciones telefónicas para cubrir la demanda de la población . Se encuentran asentadas en varios puntos para evitar la centralización del servicio.

## 2.1 CONDICIONES GENERALES ANTES DE SEPTIEMBRE DE 1985

Antes de septiembre de 1985 , las Centrales Telefónicas estaban constituidas por un sótano , para recibir los distribuidores de cables , planta baja y 3 ó 4 niveles en los cuales se alojan todas las instalaciones necesarias para proporcionar el servicio telefónico.

La mayoría de estas estructuras estan resueltas con base en columnas y trabes de concreto reforzado , que forman marcos ortogonales entre sí , recibiendo vigas secundarias ; el sistema de piso es con losas macizas de concreto reforzado que se apoyan en los marcos y en las vigas secundarias.

La mayor parte de los edificios para Centrales Telefónicas que se ubican en la zona de lago del Valle de México están cimentados en cajones de concreto desplantados a profundidades de 3 a 4 m .



provistos de pilotes de punta o de fricción. Esta solución obedece a la necesidad de tomar mediante cimientos profundos la carga estática no compensada por el peso del suelo desalojado al construir el cajón y los momentos de volteo debidos a la excentricidad de las cargas verticales y a las fuerzas sísmicas.

En la fig. 1 se muestra un corte de una Central Telefónica.

### 2.3 ADECUACIONES ESTRUCTURALES A LAS CENTRALES PARA CUMPLIR CON EL RCDF DE 1987

De acuerdo con el nuevo reglamento de construcciones del Distrito Federal , todos los edificios de servicio público , como lo son las Centrales Telefónicas , deben de ser reforzados estructuralmente según los nuevos criterios para diseño sísmico.

En las Centrales que no sufrierón daños y que se encuentran ubicadas en el Valle de México , fue necesario efectuar trabajos de recimentación semejantes a los que se realizarón en las Centrales dañadas , esto fue con el fin de dar seguridad a las estructuras y a las instalaciones y hacer que cumplierán con los requisitos marcados por el reglamento.

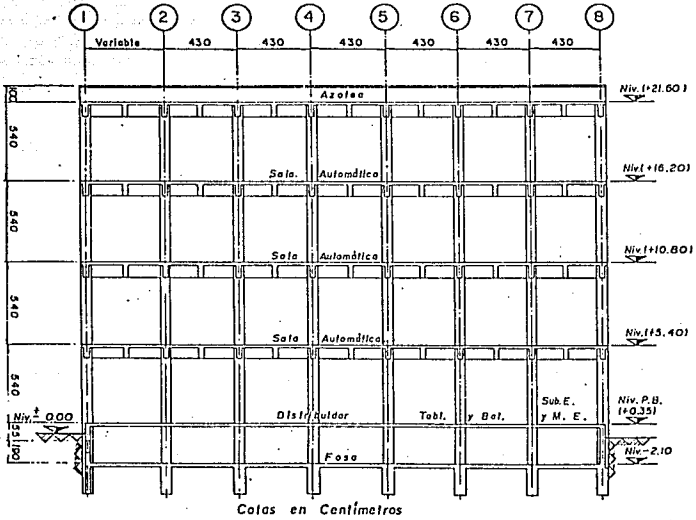


FIG 1 CENTRAL TELEFONICA  
(CORTE )

### 2.3.1 CRITERIOS DE REESTRUCTURACION

Para determinar las características con base en las cuales se planteó la reestructuración de las Centrales , se partió del conocimiento de la estructura y de los daños sufridos por la misma , en caso de que los hubiera.

Por tal motivo , fue necesario recopilar toda la información existente acerca de cada Central Telefónica , para contar con los datos suficientes para iniciar los estudios encaminados a definir el nuevo proyecto estructural.

Una fuente de información importante fueron las memorias y planos de los proyectos originales de cada Central , en algunos casos , no fue posible contar con esta ayuda , por lo que se procedió a realizar trabajos de investigación para obtener la información correspondiente. Los trabajos realizados en obra fueron los siguientes :

- a) Levantamiento de dimensiones de los elementos estructurales
- b) Niveles y desplomes
- c) Investigación de colindancias
- d) Extracción y ensayos de corazones de concreto
- f) Pruebas de ultrasonido en columnas y trabes
- g) Determinación de la carga real de equipo

Dada la importancia social y económica del servicio prestado por las Centrales , este no podía suspenderse en ningún momento y además se tuvo que mantener siempre la mayor eficiencia posible.

Esta situación fue de gran importancia , ya que , influyó directamente en las decisiones tanto estructurales como constructivas de los nuevos proyectos . Con esta base , se procedió a plantear las alternativas a través de las cuales era probable reestructurar cada Central.

Las normas incrementarán entre otros conceptos el valor de los coeficientes sísmicos , con lo cual se incrementó el valor de las fuerzas sísmicas , a que quedarán sujetas las estructuras . Por lo tanto , para responder ante tales sollicitaciones , se hizo necesario incrementar por un lado , la rigidez de la estructura para mantener los desplazamientos en rangos permisibles , y por otro , la resistencia de la misma para soportar los nuevos elementos mecánicos inducidos.

### 2.3.2 ALTERNATIVAS PARA LA REESTRUCTURACION

Para proporcionar rigidez a las estructuras se considerarán las siguientes alternativas :

- a) Adicionar elementos estructurales
  - Muros de concreto reforzado
  - Contraventeos metálicos

- Muros de mampostería
- b) Incrementar las propiedades de los elementos existentes
  - Encamizados de concreto reforzado
  - Encamizados de acero
- c) Disminuir la carga existente
  - Eliminar niveles , cuando fuera factible
  - Sustitución de materiales

### 2.3.3 CRITERIOS DE SELECCION

Para tomar la mejor decisión fue necesario ver algunos puntos , como lo fueron el costo , la funcionalidad , la importancia social , el espacio , las dificultades técnicas , el tiempo de ejecución y la estética de las edificaciones.

En el caso de las Centrales la determinación de la alternativa más apropiada se basó , en las dificultades técnicas existentes ( de no interrumpir la operación del equipo y del tiempo de ejecución ) y la importancia social de las mismas , aún por encima del costo de ejecución de la obra.

Por los motivos anteriores se busco restringir los trabajos en las zonas ocupadas por el equipo telefónico , por lo cual , se hizo necesario evitar al máximo el reforzamiento de la estructura existente . Para lograrlo se modificó el sistema sismo-resistente de

cada Central , mediante la adición de elementos estructurales que proporcionan porcentajes elevados de rigidez , de tal manera , que tomarán la mayor parte de las fuerzas sísmicas y disminuirán los efectos de estas en el resto de la edificación.

Otro punto a considerar fue el de tratar de tener una redistribución de manera uniforme de los efectos de las descargas en cimentación , con el objeto de evitar zonas locales críticas en la reestructuración.

En las figs. 2 , 3 y 4 se pueden apreciar detalles relativos a los refuerzos propuestos.

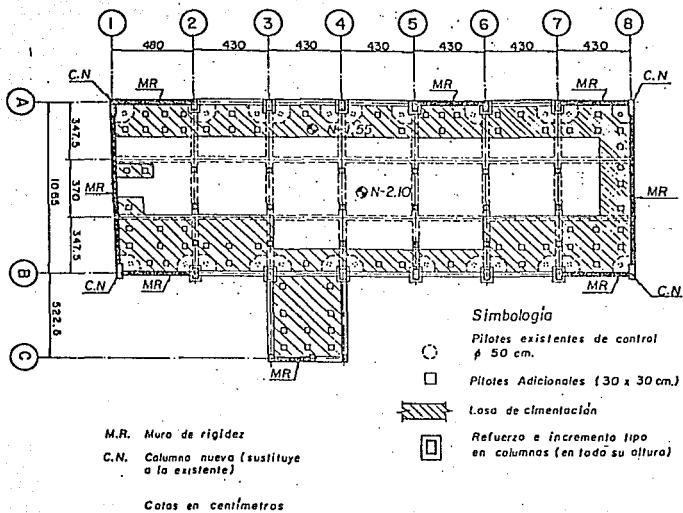
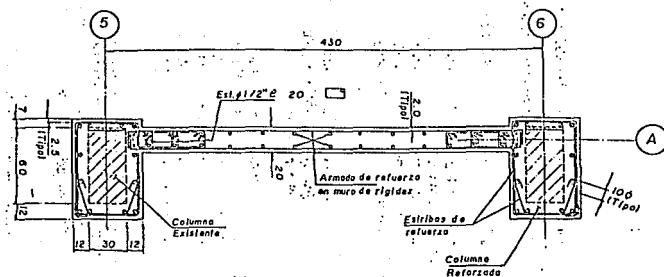
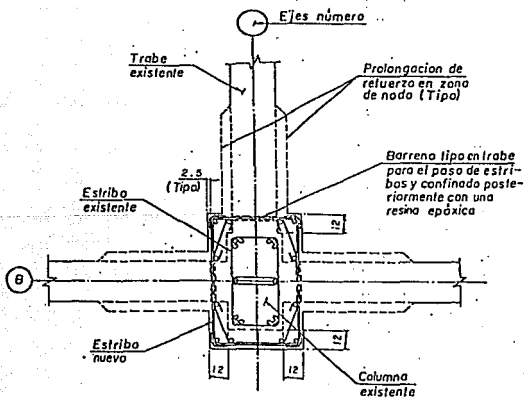


FIG. 2 PLANTA REESTRUCTURADA



- ... Armado de refuerzo en columna  $\phi$  1
- Concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Cajas en centímetros

Fig. 3 Refuerzo en muros.



Colas en centímetros

- ... Armado existente
- ... Armado nuevo  $\phi$  1"

Fig. 4 Refuerzo tipo en zona de nodos Planta Trabe - Columna



### 3. CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES ANTES DE SEPTIEMBRE DE 1985

#### 3.1 ESTRUCTURACION TIPICA DE LA CIMENTACION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS

Antes de los sismos de 1985 , la gran mayoría de las Centrales Telefónicas asentadas en el Valle de México , tenían una cimentación formada por un cajón de compensación complementado con una cantidad de pilotes , tal que pudieran tomar la carga estática no compensada por el cajón y desde luego los efectos producidos al presentarse el sismo.

El cajón es de concreto reforzado y consta de muros de contención, losa tapa , contratraves en las dos direcciones ortogonales así como una losa de fondo .

Por lo que se refiere a los pilotes estos eran de fricción , de punta o de control y junto con el resto de la cimentación habían sido calculados y diseñados para resistir acciones menores a las que se generarán con la nueva filosofía del reglamento de construcciones de 1987.

En la figs. 5 y 6 se muestran una planta y una elevación de como estaba formada una Central típica.

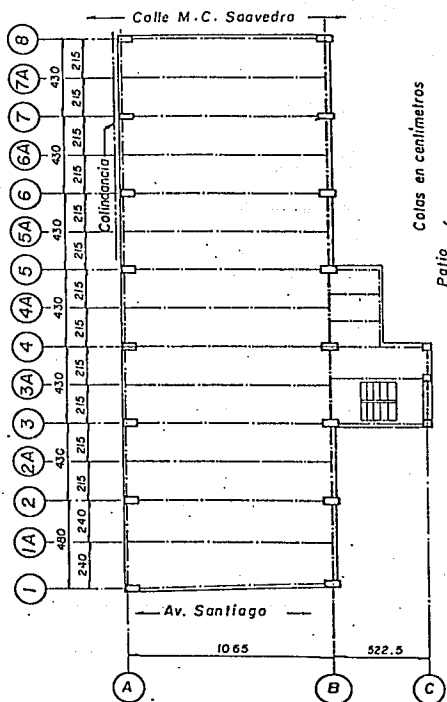
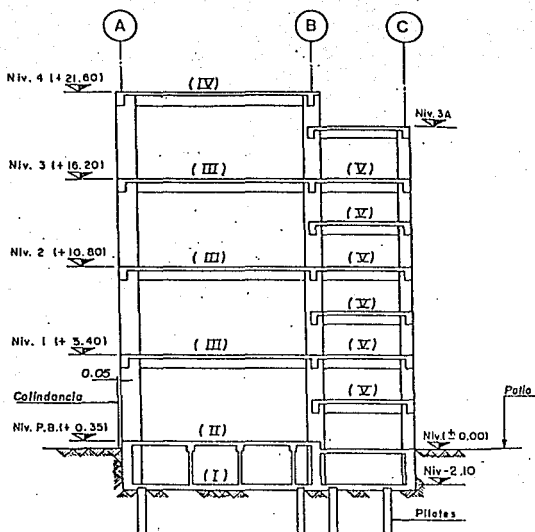


Fig. 5 Nivel planta tipo anterior al sismo



**Fig. 6 Elevación Esquemática (situación existente)**

- ( I ) : Fosa de cables**
- ( II ) : Distribuidor, baterías, subestación.**
- ( III ) : Sala de equipo automático**
- ( IV ) : Azotea**
- ( V ) : Escaleras**

En las siguientes partes de este capítulo se hará una descripción breve del comportamiento y características de los pilotes , así como de la forma en la cual trasladan la carga al subsuelo.

El conocimiento de este tipo de situaciones permitió evaluar y proponer la cantidad , tipo , longitud y ubicación de los pilotes que sirvierón para la recimentación de las distintas instalaciones telefónicas.

Se hace énfasis en la utilización del sondeo de cono eléctrico , pues esta prueba se ejecutó en todas las Centrales Telefónicas y de ahí se tomarón los datos básicos para proponer la recimentación adecuada para cada caso.

### 3.2 CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES

#### a ) Metodologías de análisis

Tradicionalmente la determinación de la capacidad de carga de los pilotes se basa en la aplicación de una cierta teoría , la cual es considerada válida para las condiciones de su caso particular , adicionalmente se requiere de la obtención de muestras inalteradas y la realización de pruebas de laboratorio para precisar los parámetros de resistencia del suelo . Este complejo proceso esta expuesto a errores conceptuales y experimentales , además del elevado costo que en ocasiones conlleva a admitir sondeos y pruebas de laboratorio de baja calidad.

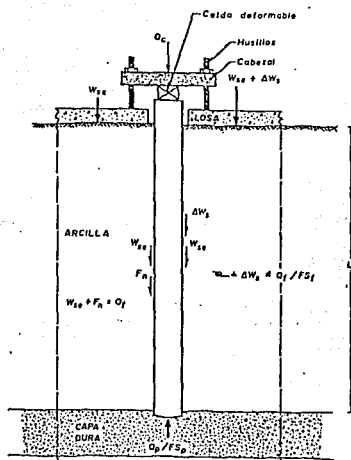
Ante los problemas expuestos anteriormente surgió como una metodología alternativa la prueba de cono eléctrico , la cual permite definir la capacidad de carga en pilotes , basandose en correlaciones semiempíricas , considerando que la prueba del cono simula a escala el trabajo de un pilote .

b ) Conceptos básicos

La capacidad de carga de un pilote se define en función de las resistencias de punta y de fricción que se puedan desarrollar en el elemento . Para evaluar estas variables la metodología convencional las determina en el laboratorio , en cambio con la técnica del cono se miden directamente en el lugar , escalando las medidas con respecto al tamaño del verdadero pilote , tomando en cuenta los tres factores siguientes :

1. Las características del contacto pilote-suelo , en comparación con las que genera el cono .
2. La influencia de la velocidad de penetración del cono.
3. La alteración que provoca el procedimiento constructivo del hincado y fabricación de pilotes , ya que se debe admitir que esto es independiente de la metodología con la que se estime la capacidad de carga del pilote.

La fig. 7 muestra en un corte los elementos que interactúan para calcular la carga de un pilote.

**CARGA ESTÁTICA**

no emersión  $W_{se} + F_n + Q_i$

no penetración  
de la punta  $Q_i / FS_p \geq Q_i$

**CARGA SISMICA**

aterramiento mínimo  
 $W_{se} + \Delta W_{si} \neq Q_i / FS_i$

Fig 7 Esquema de corte vertical a lo largo de un pilote de control

Así pues y en base a las consideraciones anteriores , Vesic resume en una forma simplista la interpretación de las pruebas de cono para el cálculo de pilotes con las dos expresiones siguientes :

RESISTENCIA DE PUNTA             $q_p = q_c$

RESISTENCIA DE FRICCIÓN         $f_s = f_s$

c ) Breve metodología de cálculo

1. Capacidad de punta . La capacidad de carga última que puede alcanzar un pilote esta dada por la siguiente expresión :

$$Q_{up} = q_p \cdot A_p$$

donde         $Q_{up}$  : capacidad de carga última de punta

$q_p$  : resistencia de punta

$A_p$  : área de punta del pilote

Como se vió anteriormente la resistencia de punta (  $q_p$  ) se puede considerar igual a la medida con el cono , o en su caso , de acuerdo a la experiencia , utilizar alguno de los criterios que aparecen en la tabla de la fig. 8 .

Fig. B. Criterios de evaluación de la resistencia de punta

AUTOR	RESISTENCIA DE PUNTA		COMENTARIO
Vander	$q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2}$		<p>Valor medio de <math>q_c</math> entre la punta del pilote y <math>3.5 B</math><sup>(1)</sup> abajo de ella</p> <p><math>q_{c1}</math></p> <p>Valor medio de <math>q_c</math> 1.0B arriba de la punta del pilote</p> <p><math>q_{c2}</math></p>
Begemann	$q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2}$ (2)		<p>Valor medio de <math>q_c</math> entre <math>0.7B</math> y <math>3.7B</math> abajo de la punta del pilote</p> <p><math>q_{c1}</math></p> <p>Valor medio de <math>q_c</math> entre la punta del pilote y <math>8.0B</math> arriba de ella</p> <p><math>q_{c2}</math></p>
Nottingham	$q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2}$		Similar al de Begemann, excepto que en vez de $3.7B$ se utiliza $4.0B$
Vesic	$q_p = q_c$		$q_c$ Resistencia del cono correspondiente a la profundidad del pilote
Tamez	$q_p = q_c$		Similar al anterior
Soletanche	$q_p = q_{cp} \cdot C_p$		Resistencia del cono en la punta del pilote Factor de escala cono-pilote, varía entre 0.35 y 0.50

## NOTAS :

- (1)  $B$  = Dimensión lateral del pilote
- (2) El valor admisible máximo de  $q_c$  lo restringe a  $150 \text{ kg/cm}^2$ .



2. Capacidad de fricción . La capacidad de carga última que puede desarrollar un pilote trabajando a fricción se determina mediante la expresión :

$$Q_{uf} = f_s * A_l$$

donde  $Q_{uf}$  : capacidad de carga última de fricción  
 $f_s$  : resistencia de fricción  
 $A_l$  : área lateral

La resistencia de fricción se define siguiendo alguno de los criterios que aparecen en la tabla de la fig. 9.

Adicionalmente para el caso del subsuelo arcilloso de la Ciudad de México se pueden establecer dos procedimientos equivalentes para definir la capacidad friccionante de un pilote , con base a la resistencia a la penetración del cono eléctrico.

$$Q_{uf} = p * q_c * A_l$$

Y

$$Q_{uf} = c * A_l$$

donde  $p$  : factor adimensional (  $0.02 < p < 0.08$  )  
 $q_c$  : promedio pesado de la resistencia de punta en todos los estratos abarcados por la longitud del pilote  
 $c$  : cohesión promedio de los estratos blandos abarcados por la longitud del pilote

Fig. 9 Criterios de evolución de la resistencia de fricción

	AUTOR	RESISTENCIA DE FRICCIÓN	COMENTARIO
COHESIVO-FRICCIONANTES	Nallingham	$f_s = f_c$	$f_s$ Valor medido directamente de la prueba de cono
	Schmertmann	$f_s = c \cdot q_c$	$c$ Coeficiente de corrección que varía de 0.0018 a 0.012, según el tipo de pilote
	Soleranche	$f_s = \alpha_s \frac{q_c}{\alpha_p}$	$\alpha_s$ Coeficiente que depende del tipo de suelo y varía entre 50 y 200 $\alpha_p$ Factor de escala cono-pilote, varía entre 0.35 y 0.50
FRICCIONANTES	Vesic <sup>2</sup>	$f_s = \rho \cdot q_c$ $\rho = 0.11 \cdot 10^{-1.3 \tan \phi'}$	$\rho$ Factor adimensional que se denomina relación de fricción ( $F_r$ según otros autores) $\phi'$ Ángulo de resistencia expresado en esfuerzos efectivos
	Thornburn y Mac Vicar	$f_s = \frac{q}{200}$ (arenas) $f_s = \frac{q}{150}$ (limas)	
	Tumoy	$f_s = m \cdot \bar{f}_s$ $m = 10 - 9.5(1 - e^{-9f_s})$	$\bar{f}_s$ Fricción local media $m$ Coeficiente de adherencia que varía de 0.50 a 3.70
COHESIVOS	Tamez	$f_s = 0.8 \frac{q_c}{N_b}$ $N_b = 13$	Factor que toma en cuenta la velocidad de carga de la prueba de cono Coeficiente de correlación de las resistencias de cono a la triaxial no drenada
	Schmertmann	$f_s = \alpha' \cdot f_c$	Factor de adherencia propuesto por Tamplinon, que varía de 0.26 a 1.00 según la resistencia del suelo

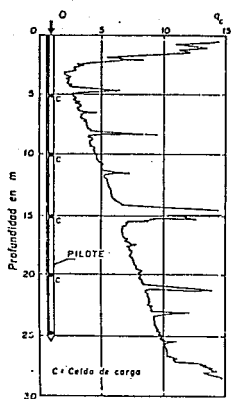
### 3.3 MECANISMO DE TRANSFERENCIA DE CARGA

La carga aplicada en la cabeza de un pilote , se transfiere al suelo mediante , los esfuerzos cortantes que se desarrollan en el fuste ( resistencia de fricción del pilote ) y por la condición de esfuerzos cortantes que conduce la punta del pilote ( resistencia de punta ) .

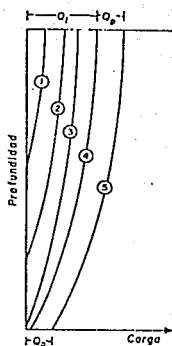
El mecanismo de transferencia de carga al suelo se ha podido definir en pilotes instrumentados con celdas de carga , en base a ello se ha observado lo que se aprecia en la fig. 10 .

Para cargas  $Q$  pequeñas ( curva 1 ) sólo se desarrolla fricción a una cierta profundidad , si la carga sigue creciendo ( curvas 2 y 3 ) la profundidad en que se desarrolla fricción se incrementa y empieza a generarse la resistencia de punta ; si la carga  $Q$  continua incrementandose , cuando se alcanza la resistencia máxima por fricción ( curva 4 ) , ya no se podrá desarrollar más fricción porque esta componente ya fue vencida , para esto se requiere una cierta deformación o hundimiento del pilote .

En ese momento , se empieza a desarrollar la resistencia de punta del pilote , la curva de transferencia se desplaza paralelamente , hasta que se alcanza el máximo de esa componente , la que corresponde a la condición de falla del pilote .

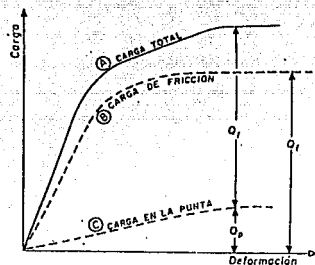


a) Estratigrafía y resistencia de los suelos.



b) Curvas de transferencia de carga

$$Q_{máx} = Q_f + Q_p$$



c) Curvas carga deformación

$Q$  = Fuerza aplicada al pilote  
 $Q_f$  = Resistencia de fricción

$Q_p$  = Resistencia de punta

①, ② Curvas de transferencia de carga correspondientes a valores muy pequeños de  $Q$

③, ④ Curvas de transferencia de carga para cargas  $Q < Q_{máx}$

⑤ Curva de transferencia para la carga máxima,  $Q = Q_{máx}$

Fig 10. Mecanismo de transferencia de carga de un pilote en arcilla

#### 4. DAÑOS OBSERVADOS DESPUES DE LOS SISAMOS

##### 4.1 PRINCIPALES DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DE ALGUNAS CENTRALES TELEFONICAS

Como consecuencia del sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985 , las instalaciones telefónicas de Distrito Federal , sufrierón el daño más grave que haya padecido una red telefónica en el mundo .

Pocas fuerón las Centrales que presentarón daños graves , la cuestión fue que en ese momento eran las más importantes las que se localizarón en la zona de los mayores efectos teluricos .

La Central Victoria fue el único edificio que sufrió derrumbes en cuatro de sus niveles , destruyendo dos centrales de concentración de tráfico de larga distancia , una central Tandem , una central de tránsito local y dos centrales foraneas . Al ocurrir estos percances quedarón sin servicio más de 10000 líneas telefónicas .

En el Centro Telefónico San Juan , el equipo de microondas y el equipo múltiple se desprendierón de la estructura . Además el centro de tránsito de larga distancia fue seriamente dañado , una central de tipo electromecánica , así como una central de distribución de tráfico fuerón totalmente destruidas . Una central local de tipo digital fue dañada y quedo totalmente fuera de servicio . En el edificio AKEII ocurrierón daños en la central de tráfico de larga distancia .

Otro edificio dentro de este Centro Telefónico que resultó dañado lo fue el del área administrativa.

Las Centrales Iztapalapa , Lindavista e Hidalgo presentaron daños en sus estructuras , los cuales impidieron el funcionamiento normal del servicio.

Entre los daños observados en la estructura de las anteriores Centrales podemos mencionar los derrumbes parciales en muros de fachada , daños en elementos estructurales por formación de fisuras , grietas y pérdida del material . También hubo formación de grietas en los nudos de la estructura y en las losas de entrepiso , todo esto lo podemos apreciar en las fotografías que componen la serie de figs. 11 .

#### 4.2 PRINCIPALES DANOS EN LA CIMENTACION DE ALGUNAS CENTRALES TELEFONICAS

La inspección de las cimentaciones de las Centrales Telefónicas dañadas por el sismo , permitió observar varios problemas que se generaron como consecuencia del fenómeno telúrico .

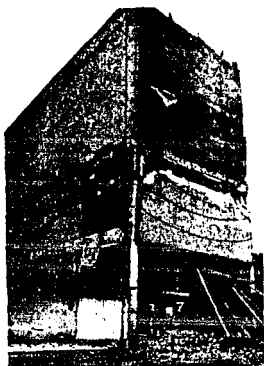
Durante los fuertes y prolongados sismos , las Centrales más afectadas en la zona del lago del valle de México , sufrieron asentamientos diferenciales hasta de 15 cm , también se presentaron daños en los cabezales de carga de los pilotes de algunos edificios .

Al presentarse desplazamientos entre pilotes y losa de cimentación se generaron distorsiones en los sellos y por consiguiente hubo infiltración de agua hacia el interior del cajón de cimentación .

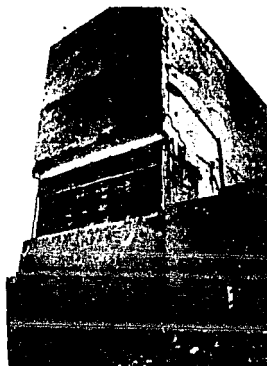
En la mayoría de las Centrales no se identificaron daños considerables en los elementos de cimentación , como lo son losas y contratrabes.

#### 4.3 CONCLUSIONES

De los datos anteriores podemos concluir que los daños en Centrales Telefónicas por efectos del sismo estuvieron circunscritos a áreas específicas , sin embargo la Dirección General de TELMEX en previsión a efectos similares y concientes de la importancia del servicio , se dieron a la tarea de reforzar y recimentar todas las instalaciones telefónicas con el fin de hacerlas cumplir los lineamientos marcados por el nuevo Reglamento de Construcciones .



*Muros de las fachadas Sur y Poniente del edificio mostrando el desprendimiento de su recubrimiento, grietas y pérdida del material.*



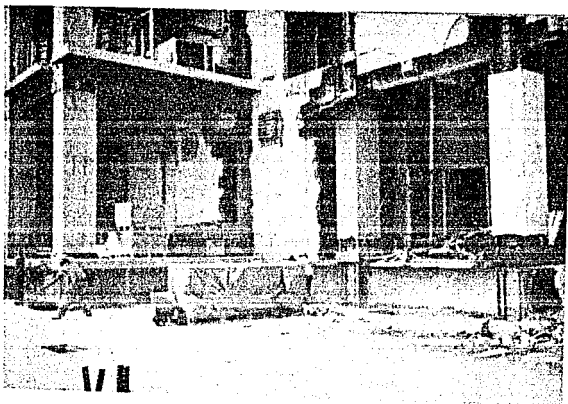
*Muros de las fachadas Norte y Poniente del edificio mostrando el desprendimiento de su recubrimiento, grietas y pérdida del material.*



*Desprendimiento del recubrimiento formación de grietas y pérdida del material en el muro eje 3' del núcleo de escaleras.*

FIGS 11





FIGS 11

## 5. RECIMENTACION USANDO PILOTES

### 5.1 CRITERIOS PARA LA RECIMENTACION

Para cumplir con el objetivo fundamental , establecido por la Dirección General de Telmex , de llevar a cabo la reparación de las Centrales dañadas y el reforzamiento de las no dañadas , de manera que se garantice la seguridad y continuidad del servicio , aún para las condiciones más severas de sismo , los Ingenieros diseñadores de la reestructuración , siguiendo las normas del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal ( RCDF ) , propusieron el reforzamiento de las superestructuras mediante muros de rigidez o contraventeos metálicos , con el propósito de aumentar la capacidad a las fuerzas cortantes y disminuir los desplazamientos bajo las acciones de un sismo de mayor magnitud al ocurrido en septiembre de 1985.

Esta decisión da como resultado fuertes concentraciones de carga en la cimentación , tanto en compresiones como en tensiones ; esta nueva condición de cargas sísmicas obligó en la mayoría de los casos a incrementar considerablemente la capacidad de carga del sistema de cimentación mediante la adición de nuevos pilotes , para esto se analizarón varias alternativas , las cuales fueron :

1. Pilotes de control
2. Pilotes de punta
3. Pilotes de punta penetrante
4. Pilotes de fricción

En la fig. 12 se muestra esquemáticamente el comportamiento de los anteriores tipos de pilotes y continuación describiremos el comportamiento de cada uno .

1. Pilotes de control : Los problemas de comportamiento observados después de los sismos en los mecanismos de control existentes , así como la incapacidad de los mismos para transmitir esfuerzos de tensión a los pilotes , condujo a la conclusión de no utilizar esta alternativa hasta que se dispusiera de una solución satisfactoria a estos problemas .

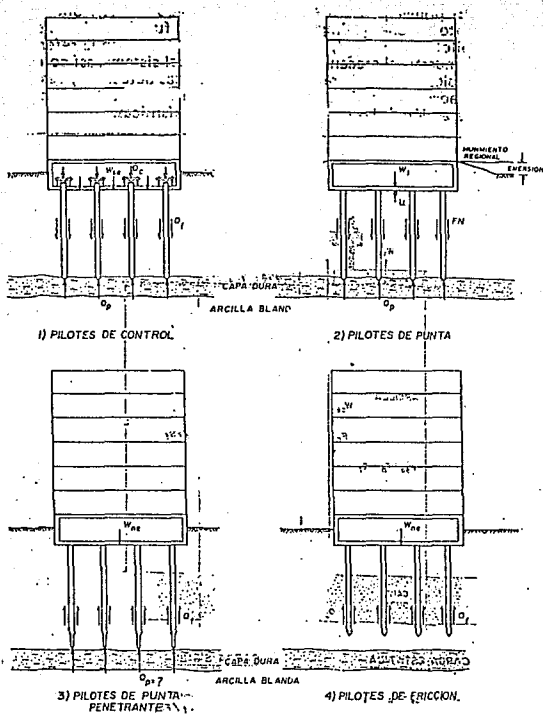


Fig. 1.2 Alternativas consideradas para la recimentación de los controles dañados

2. Pilotes de punta : Debido a la tendencia de "emerger" con respecto al terreno vecino , como consecuencia del hundimiento regional , esta alternativa es aceptable solamente en los casos en los que la velocidad de del hundimiento es nula o muy pequeña , para con esto evitar daños en las construcciones colindantes.

3. Pilotes de punta penetrante : Para el buen funcionamiento de este tipo de pilote se requiere que la punta trabaje en su condición límite de equilibrio , lo cual implica que en el área ocupada por el grupo de pilotes , el estrato de apoyo de las puntas debe de ser razonablemente homogéneo en sus propiedades mecánicas . En mediciones recientes de la resistencia de la primera capa dura , donde suelen apoyarse estos pilotes , se muestra una gran variación de la resistencia al corte en este estrato , lo cual conduce a una gran diferencia en el comportamiento de las puntas de los pilotes dentro de un mismo grupo , así como cuando las puntas penetran en el estrato.

Por las razones anteriores no se consideró esta alternativa para recimentar Centrales Telefónicas .

4. Pilotes de fricción : Esta solución se consideró para aquellos casos en los que el espesor de la capa de arcilla superior permite dar al pilote una longitud suficiente para que se desarrolle una capacidad de carga aceptable .

Los pilotes de fricción presentan las siguientes características favorables :

- son capaces de transmitir al suelo cargas de tensión o de compresión , desarrolladas durante los sismos .
- pueden seguir el hundimiento regional con un mínimo de emersión
- presentarán un buen comportamiento durante los eventos de septiembre de 1985 .

## 5.2 INFORMACION GEOTECNICA

El hincado de pilotes de recimentación es una maniobra difícil , que debe de ser cuidadosamente planeada para cerciorarse de que los pilotes penetren a la profundidad de proyecto y que con ello desarrollen la capacidad de carga para la cual fuerón diseñados .

La planeación se fundamentó en información confiable de la estratigrafía de cada sitio , así como de la variación de la resistencia de los suelos con respecto a la profundidad , particularmente debe conocerse la ubicación de lentes duros y su resistencia al corte .

Durante los trabajos de campo realizados en las diferentes Centrales , la técnica de exploración más adecuada para conocer los detalles antes mencionados , fue el sondeo de cono eléctrico . Esta técnica de exploración permite captar todos los detalles de la estratigrafía , así como la resistencia al corte de los suelos. Otra ventaja de la utilización de este método es la de que el hincado del cono simula al hincado de los pilotes , con esto es posible detectar

oportunamente las dificultades que se tendrían durante los trabajos de recimentación . Las figuras siguientes , fig. 13 , 14 y 15 muestran diferentes sondeos de cono efectuados en distintas Centrales Telefónicas del area metropolitana .

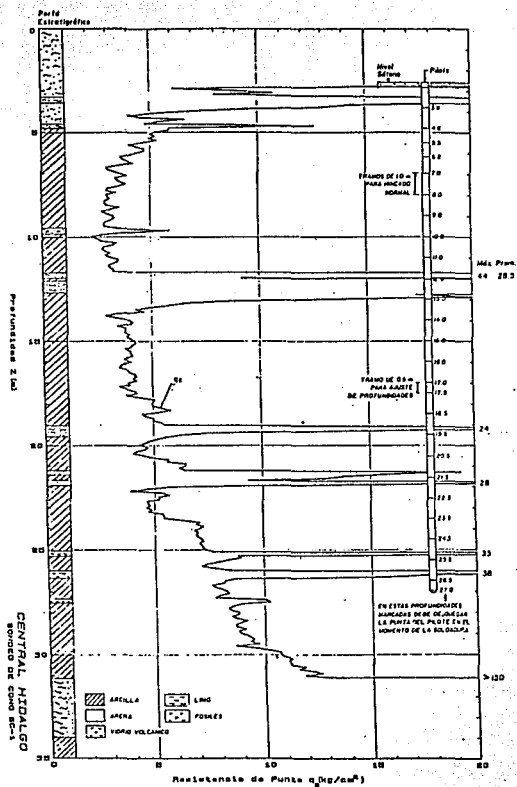


Fig13 Perfil estratigráfico



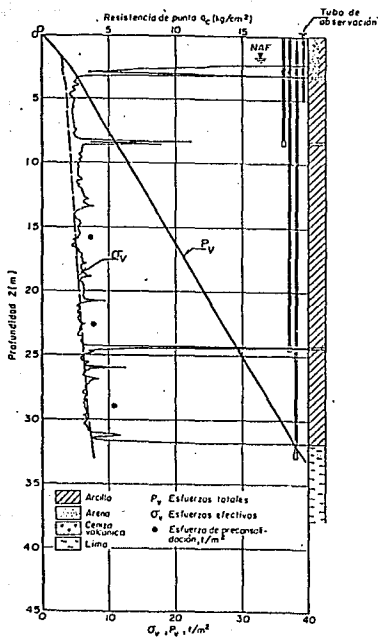


Fig .14. Correlación de  $\sigma_v$  y  $q_c$  de un sondeo en la zona Lago Virgen

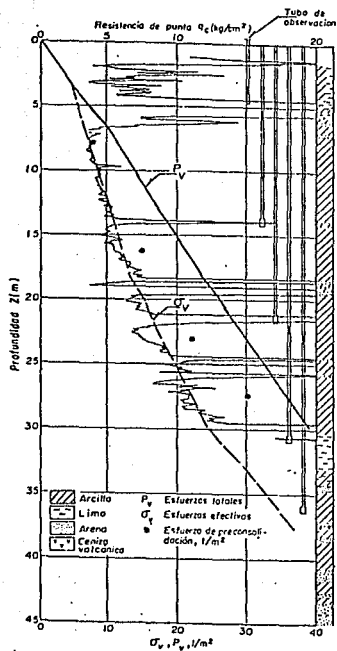


Fig 15 Correlación de  $\sigma_v$  y  $q_c$  de un sondeo en la zona Lago Centro II

Otro aspecto importante que nos proporciona la información geotécnica del sitio es si es o no necesario ejecutar una perforación previa al hincado de los pilotes , por eso es que hay que contar con la información mas completa y confiable que se pueda recopilar .

### 5.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACION DEL PROCESO DE HINCADO

Durante la planeación de los trabajos de hincado de los pilotes , se tuvo que tomar en cuenta las siguientes consideraciones :

a ) Altura libre entre el nivel superior de la losa de cimentación y el nivel inferior de la losa tapa del cajón , para con esto definir la longitud de los tramos que componen los pilotes , también para tener en cuenta las dimensiones del equipo a utilizar para la perforación previa y para el hincado de los tramos .

b ) Otro de los trabajos importantes es definir la forma de como se va tomar la reacción de la carga necesaria para hincar el pilote , para ello existen diferentes alternativas , como lo pueden ser tomar la reacción por medio de la losa de cimentación y de tensores metálicos unidos a un puente de carga , como se muestra en la fig. 16.

c ) Se debe de conocer la oposición máxima que puede presentar el suelo al hincado del pilote , este dato se puede obtener en base al

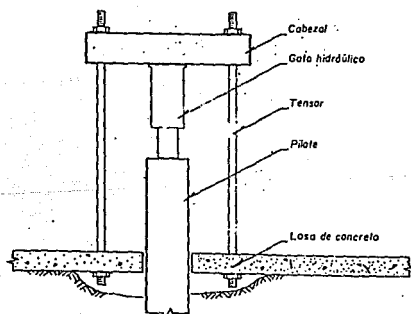
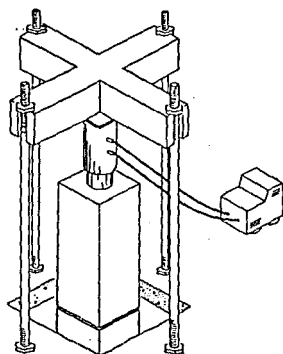


Fig.16 Sistema de carga para el hincado de pilotes

análisis geotécnico , el cual nos proporciona la fricción que se va a desarrollar al estar en contacto el suelo con el pilote . Este dato es importante ya que en base a él se determina la capacidad del equipo hidráulico . así como la resistencia que debe de tener el puente de carga y de los tensores , en caso de ser necesarios .

d ) Se deben de tomar en cuenta los espacios que existen para la utilización del equipo y para realizar maniobras durante los trabajos. Por ello es recomendable el retiro de interferencias para evitar posibles daños en las instalaciones de los edificios que se van a recimentar .

#### 5.4 PERFORACION PREVIA

El principal proposito de realizar perforaciones previas al hincado de los pilotes es la atravesar la costra superficial así como eliminar del paso del pilote los lentes duros que impidan eventualmente la penetración del mismo . Los aspectos que se deben de tomar en cuenta para realizar una buena perforación son los siguientes :

- El tipo de perforación
- Diámetro y profundidad de la perforación
- Espesor admisible de remoldeo
- Tipo de broca , así como las restricciones en la cantidad de agua

A continuación se hace una descripción de los conceptos mencionados en el párrafo superior .

a ) Tipo de perforación : Las perforaciones que se hacen para el hincado de pilotes generalmente son de dos tipos , las perforaciones de batido o remoldeo y las perforaciones con extracción de material.

En las primeras generalmente se aplica algo de agua con el fin de lograr el batido del material a perforar , en cambio en las de extracción se emplea agua a presión para sacar el material cortado o bien se utilizan brocas espirales o botes que rezagan el material. La fig. 17 muestra un tipo de broca de las utilizadas en los trabajos de recimentación .

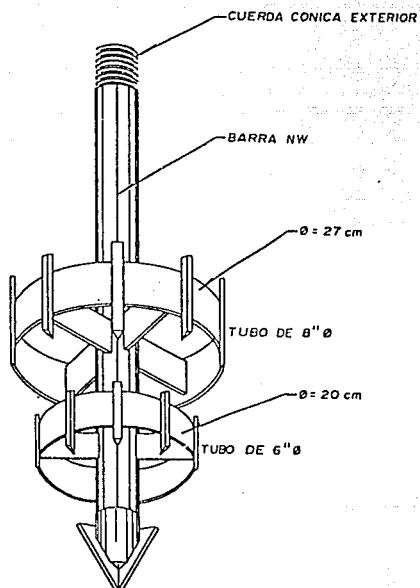


Fig 17 Broca batidora

b ) Diámetro y profundidad de perforación : El diámetro de la perforación es fundamental , en el caso de pilotes de fricción , para asegurar que se desarrolle toda la adherencia potencial entre pilote y suelo ; los factores que condicionan esta adherencia son fundamentalmente el diámetro de la perforación y el espesor de remoldeo .

La fig. 18 muestra un ejemplo realizado para determinar la influencia del remoldeo por batido , sin aporte de agua , en pilotes ubicados en un mismo sitio y a la misma profundidad . Como se puede observar , en el caso de los pilotes de sección triangular estos quedarán alojados en una zona remoldeada y los pilotes de sección cuadrada , la sección quedo tangente al círculo de remoldeo .

Al comparar las cargas máximas para ambos tipos de pilote , se observa que en el pilote de sección cuadrada la carga es 3.5 veces más grande que en los triangulares . Esto es debido a que en el caso del pilote de sección cuadrada el área de contacto con el suelo , después de la perforación , es mayor que el de la sección triangular. además de que el pilote triangular tenía su contacto con el suelo precisamente en la zona remoldeada , de lo anterior podemos decir que entre más amplia sea la zona remoldeada se generará una menor adherencia entre pilote y suelo . ocasionando con ello una disminución en la carga máxima que pueda transmitir el pilote .



Por otro lado la longitud de perforación es determinada en el estudio de mecánica de suelos , ya que posiblemente no se requiera efectuar una perforación de la misma longitud del pilote , siendo este de fricción , sino que sólo baste con atravesar los estratos superiores que puedan oponer resistencia al hincado . Se debe de tener un cuidadoso control de la longitud de perforación para garantizar la adecuada colocación del pilote .

En el caso de un pilote de punta , normalmente la longitud de perforación es similar a la longitud del elemento , para con ello garantizar el correcto apoyo en la capa resistente .

La figs. 19 y 19.a muestran reportes típicos para el control de la perforación , en el se puede apreciar el diámetro con el que se perforó , así como las cotas inicial y final del trabajo y los tiempos de ejecución .

Una correcta interpretación de la información proporcionada por este reporte puede llevar a comparaciones con el estudio original de mecánica de suelos y con esto se puede tener la certeza de que los datos son confiables.

También se debe garantizar la verticalidad de la perforación para asegurar a su vez la del pilote .

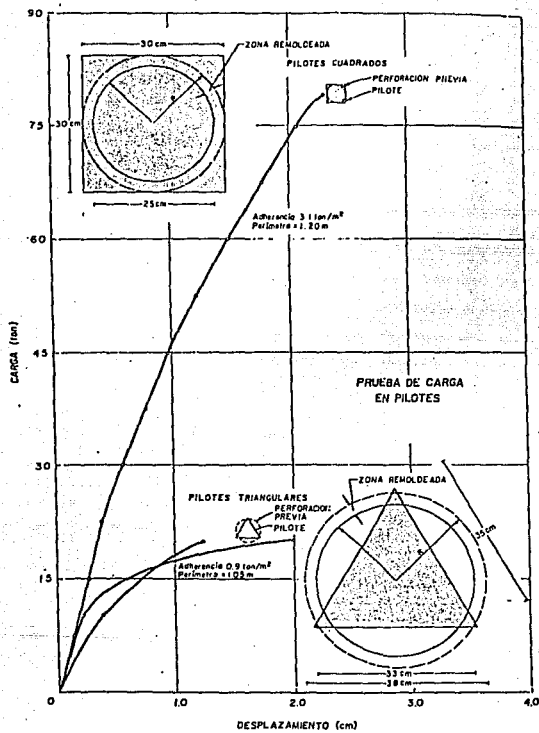


Fig 18 Curvas de carga vs desplazamiento





c ) Broca : La broca es un instrumento fundamental en la perforación previa al hincado de pilotes , ya que la adecuada elección de la misma nos dará un trabajo más eficiente.

La broca debe de cumplir con los siguientes fines :

- El correcto remoldeo del suelo , en su caso
- El diámetro requerido o indicado
- La correcta extracción de material , en su caso

Por último , en el caso de los trabajos de hincado realizados en las diferentes Centrales Telefónicas se tuvo la necesidad de fabricar equipo adecuado , en tamaño y capacidad . Como se laboró en lugares cerrados , como son los sótanos , se hizo uso de máquinas de transmisión impulsadas por motores eléctricos , dicho equipo se puede observar el figs. 20 y 20a , que aparecen a continuación

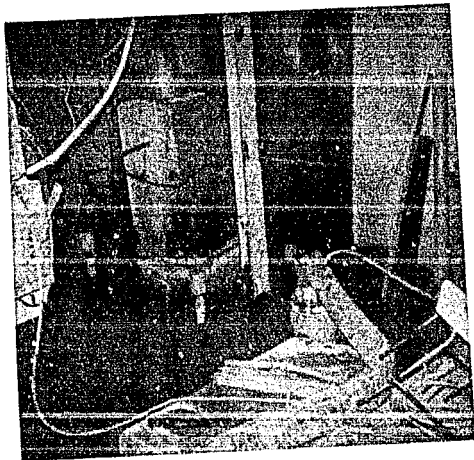


FIG 20

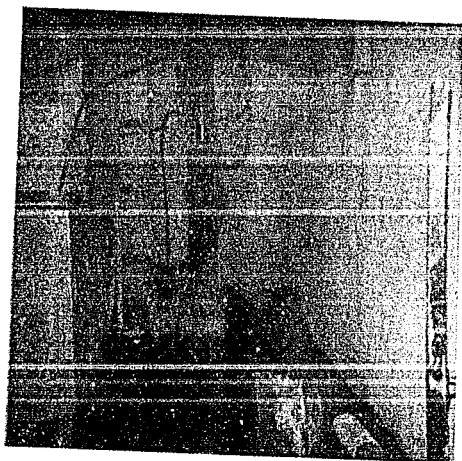


FIG 20 a

## 5.5 HINCADO DE PILOTES

Como se menciono anteriormente el hincado de pilotes de recimentación siempre se hace en tramos , con mecanismos de carga hidráulicos , los cuales se fijan o apoyan en la misma estructura del edificio .

La longitud de los tramos se limita en función del espacio vertical disponible.

Los puntos fundamentales que debe de cuidar el Ingeniero Residente de una obra de recimentación son los siguientes :

a ) La verticalidad del pilote , con el fin de evitar momentos flexionantes provocados por la excentricidad de las cargas .

b ) La calidad de la soldadura para unir los tramos de pilote , para ello se debe contar con personal calificado y cumplir con los requisitos señalados en las especificaciones de proyecto , como lo son , el tipo de electrodo a usar , el número de cordones requeridos en la unión y la penetración adecuada de la soldadura entre las placas metálicas , con esto se garantiza el trabajo conjunto del pilote , aunque para su fabricación se haya seccionado .

c ) Tiempo de enfriamiento de la soldadura , es importante cuidar este punto y dar el tiempo requerido ya que con ello se evitan posibles fisuras en la soldadura , las cuales generan problemas de continuidad . Un tiempo adecuado de enfriamiento se encuentra en el rango de 10 a 15 minutos .



d ) Al igual que en la perforación se debe de llevar un registro cuidadoso y detallado de los tiempos de trabajo , tanto del hincado como de la soldadura , los cuales servirán para garantizar la correcta ejecución de los trabajos .

Es importante verificar la cota de la punta del pilote para evitar que haya diferencia entre esta y la cota máxima de perforación , ya que si la diferencia entre ambas es muy grande , existirán a corto plazo asentamientos indeseables .

En las figs. 21 , 21a , 22 y 22a se muestran registros típicos realizados durante los trabajos de recimentación . Fotografías de los trabajos se muestran en la serie de figs. 23 , en ellas se puede apreciar los detalles , así , como las dificultades que se tuvieron para la realización de los trabajos.





DEPARTAMENTO DE ANALISIS GEOTECNICO

HOJA N° \_\_\_\_\_

SECCION DEL PILOTE \_\_\_\_\_ N° PILOTE \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_ N° PILOTE SEGUN PLANO \_\_\_\_\_  
 LONGITUD DE HINCADO \_\_\_\_\_ FECHA DE SOLDADURA \_\_\_\_\_  
 SOLDADOR 1 \_\_\_\_\_ SUPERVISO SOLDADURA \_\_\_\_\_  
 SOLDADOR 2 \_\_\_\_\_ TIPO DE SOLDADURA \_\_\_\_\_

TRAMO	SOLDADURA EN PILOTES						
	TIEMPO				TIEMPO		
	INICIAL	FINAL	MINUTOS		INICIAL	FINAL	MINUTOS
16							
15							
14							
13							
12							
11							
10							
9							
8							
7							
6							
5							
4							
3							
2							
1							

DEPARTAMENTO DE ANALISIS GEOTECNICO

REPORTE DE SOLDADURA

58

HOJA N° \_\_\_\_\_

SECCION DEL PILOTE: 40x40 cm.

N° PILOTE 3

PROFUNDIDAD 16.0 m.

N° PILOTE SEGUN PLANO 3

LONGITUD DE HINCADO 16.5 m.

FECHA DE SOLDADURA 10 de abril de 1990

SOLDADOR 1 Sr. Jose Luis Romero

SUPERVISO SOLDADURA

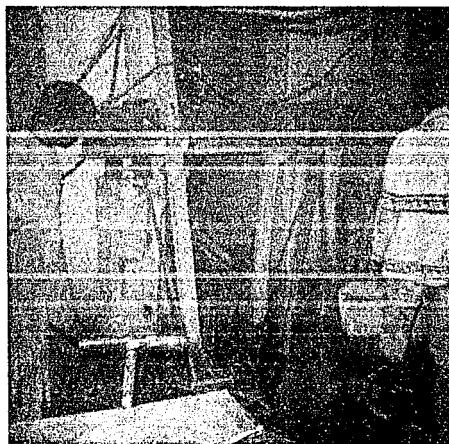
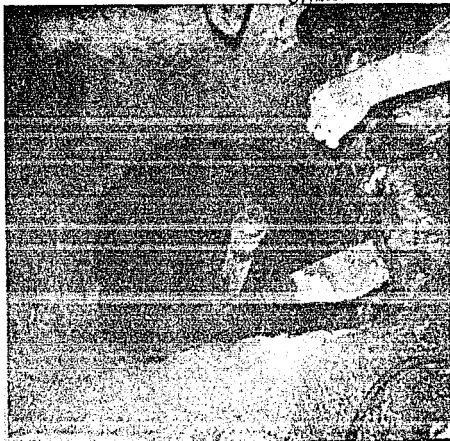
SOLDADOR 2

TIPO DE SOLDADURA E7018

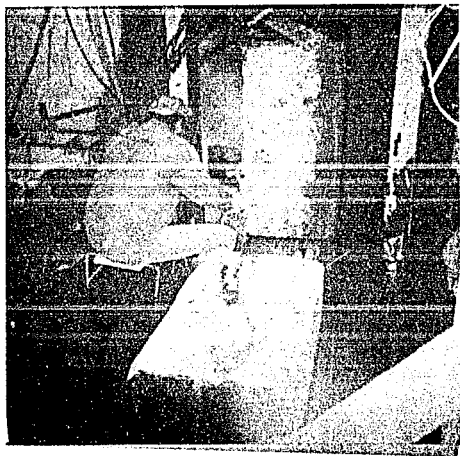
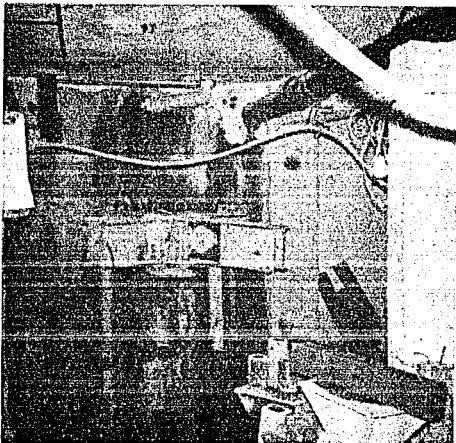
SOLDADURA EN PILOTES							
TRAMO	TIEMPO				TIEMPO		
	INICIAL	FINAL	MINUTOS		INICIAL	FINAL	MINUTOS
10							
10							
14							
18							
18							
11	21:25	21:41	16'				
10	20:42	20:56	14'				
8	20:00	20:17	17'				
8	19:15	19:30	15'				
7	18:40	18:55	15'				
6	16:50	17:05	15'				
5	16:07	16:27	20'				
4	15:15	15:28	13'				
3	14:42	14:55	13'				
2	14:05	14:20	15'				
1							

Fig. 22. a

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



FIGS 23



FIGS 23

## 5.6 PRUEBAS DE CARGA

Es conveniente la realización de pruebas de carga para verificar que los pilotes alcancen la capacidad de carga de diseño , estas pruebas se ejecutan también con equipo hidráulico y consisten en aplicar incrementos sucesivos de carga al pilote , medir los desplazamientos que se generan y compararlos con los esperados , la fig. 24 muestra los resultados obtenidos en una prueba de carga , en dicha gráfica se aprecian los incrementos de carga que se aplicaron y, los desplazamientos obtenidos , así como la carga máxima que toma el pilote antes de fallar .



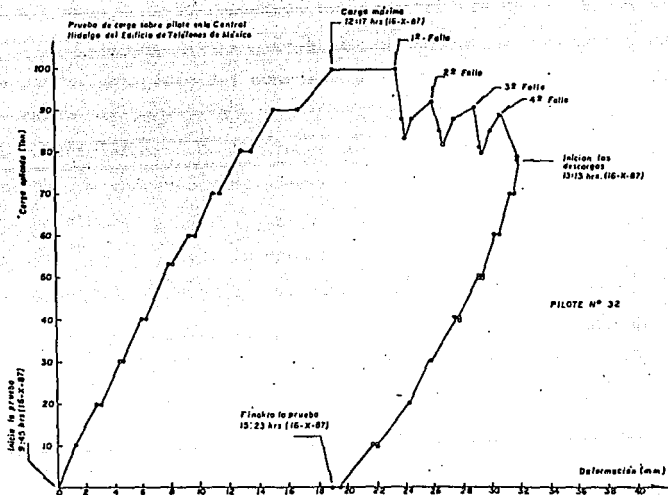


Fig 24 Prueba de Carga N° 1

## 6. CONCLUSIONES

Los sismos de 1985 rebasaron las expectativas del reglamento de construcciones del Distrito Federal vigente en ese entonces y aunado a las características del subsuelo de la Ciudad de México , provocaron colapsos en algunas estructuras y daños en muchas más.

La red telefónica de la Ciudad que es un servicio vital para el desarrollo y correcto funcionamiento de la misma , sufrió severos daños en algunas de sus instalaciones , ocasionando que por un tiempo este servicio estuviera interrumpido parcialmente , provocando conflictos y atrasos en actividades importantes de gran parte de la población.

Dado que el servicio telefónico estaba muy centralizado y por desgracia la zona más afectada coincidió con la ubicación de la Central Telefónica Victoria y con el Centro Telefónico San Juan , que en ese momento eran los de mayor importancia del servicio , hubo la suspensión antes referida. En virtud de esto la Compañía de Telefonos de México , organizó un plan de descentralización del servicio y es entonces como hoy en día existen ya Centrales Telefónicas repartidas en toda el área metropolitana del Distrito Federal ; además de que cuentan con la misma capacidad de los Centros Telefónicos anteriores, con el fin de evitar en el futuro situaciones como las ocurridas en septiembre de 1985.

Tanto en las instalaciones con daño como en las que no lo hubo , al modificarse el reglamento de construcciones se procedió al reforzamiento de las estructuras para adecuarlas a las nuevas exigencias.

En este trabajo se abordó el tema relativo a la recimentación de las Centrales Telefónicas utilizando pilotes en tramos cortos . Esta labor era poco conocida y puede decirse que es una aportación derivada de los sismos ocurridos en septiembre de 1985. Al recimentar las Centrales se presentó la oportunidad de capacitar personal y fabricar equipo adecuado para este tipo de trabajos , él cual posteriormente se ha venido utilizando en otras edificaciones con situaciones o problemas similares .

Con este tipo de trabajos , como lo es la recimentación de las Centrales Telefónicas , la Ingeniería Civil Mexicana , demuestra una vez más ante el mundo la calidad de sus profesionistas para afrontar y resolver los problemas derivados de la ubicación geográfica de nuestra Ciudad y dar el mejor beneficio a sus habitantes .

## BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL COVITUR TOMO 1  
CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS DEL VALLE DE MEXICO  
MEXICO 1986
2. CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS  
DUNHAM C.W.  
ED. MCGRAW HILL  
MEXICO 1977
3. CIMIENTOS PROFUNDOS COLADOS EN SITIO  
ADSC - SMMS  
ED. LIMUSA
4. RETO SISMICO  
TELMEX  
MEXICO 1986
5. MANUAL DE CONSTRUCCION DE PILAS Y PILOTES  
SMMS
6. EL CONO EN LA EXPLORACION GEOTECNICA  
TGC  
MEXICO 1986
7. MECANICA DE SUELOS TOMO II  
JUAREZ BADILLO - RICO RODRIGUEZ