



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

6  
2ij

CAMPUS ARAGON

**ETAPAS CONSTRUCTIVAS PARA LA ADECUACION Y  
RECIMENTACION DE UN EDIFICIO MEDIANTE  
PILOTES DE CONTROL**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A:  
JOSE LUIS BARRERA RODRIGUEZ**

SAN JUAN DE ARAGON, ESTADO DE MEXICO

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# INDICE

	Pág.
<b>CAPITULO I INTRODUCCION</b> .....	4
I.1 ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES DEL EDIFICIO .....	6
I.2 ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS PARA OBTENER INFORMACION Y EXPLICAR POSIBLES CAUSAS DE LA AFECTACION DEL EDIFICIO. ....	7
I.3 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS. ....	10
<b>CAPITULO II GENERALIDADES Y CARACTERISTICAS DEL PILOTE DE CONTROL</b> .....	53
II.1 EL PILOTE COMO SISTEMA DE CIMENTACION. ....	54
II.2 EL PILOTE DE CONTROL COMO SOLUCION A LOS PROBLEMAS INHERENTES DEL PILOTE DE PUNTA. ....	58
II.3 PARTES Y FUNCIONES DEL DISPOSITIVO DEL PILOTE DE CONTROL. ....	65
<b>CAPITULO III PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA RECIMENTACION Y LA REESTRUCTURACION</b> .....	77
III.1 RECIMENTACION. ....	78
III.2 REESTRUCTURACION. ....	99
<b>CAPITULO IV DESARROLLO DE LA ETAPA DE RENIVELACION DEL EDIFICIO EN ESTUDIO</b> .....	106
IV.1 SISTEMA DE RENIVELACION MEDIANTE EQUIPOS DE CONTROL Y GATOS HIDRAULICOS. ....	112

CAPITULO V SEGUIMIENTO DE LA PROGRAMACION DE OBRA .....	121
V.1 INTRODUCCION .....	122
V.2 PROGRAMA ORIGINAL Y PROGRAMA REAL DE OBRA .....	124
V.3 EXPLICACION DE LA DESVIACION DEL PROGRAMA DE OBRA ORIGINAL .....	128
CAPITULO VI RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	133
VI.1 RESULTADOS DEL PROCESO DE RENIVELACION Y OBSERVACION DEL COMPORTAMIENTO DEL INMUEBLE .....	134
VI.2 ANALISIS DE LA TENDENCIA NEGATIVA, ESTUDIOS Y CONCLUSIONES. ....	140
VI.3 RECOMENDACIONES FINALES. ....	159
BIBLIOGRAFIA .....	162

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

**I.1.- ANTECEDENTES Y DATOS  
GENERALES DEL EDIFICIO**

**I.2.- ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS PARA OBTENER  
INFORMACION Y EXPLICAR POSIBLES  
CAUSAS DE LA AFECTACION DEL EDIFICIO**

**I.3.- RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS  
REALIZADOS**

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Debido a las características del subsuelo de la ciudad de México; elevada compresibilidad, baja resistencia al esfuerzo cortante y hundimiento de la superficie, los problemas de cimentaciones de edificios que también repercuten en su superestructura son muy comunes y variados, lo que hace que la ingeniería mexicana centre su atención para dar soluciones en donde conculguen tanto técnicas ingenieriles adecuadas como la disponibilidad de recursos económicos, que estarán sin duda, en una relación directa con la situación económica que guarde el país.

El presente trabajo ejemplificará el caso de un edificio del cual, se hace su descripción y análisis del comportamiento anormal que sufre su cimentación debido fundamentalmente al hundimiento regional del subsuelo.

Inicialmente se mencionarán los antecedentes y datos generales del edificio, así como estudios y resultados de los mismos que nos brindarán una perspectiva más amplia de información y características particulares del problema en cuestión, así como su explicación e interpretación.

Posteriormente se presentará la descripción y características del pilote de control como el sistema de solución adoptado, que junto con una reestructuración y recimentación tratados en un apartado siguiente dan la solución global al problema.

Además de proporcionar una estabilidad estructural al edificio en cuestión se hace necesario también proporcionar una estabilidad posicional, esto es, que se debe de recuperar la posición ideal vertical y horizontal del edificio en lo más posible, esto último se aborda en la descripción de la aplicación de la técnica para lograr éste objetivo.

Seguido de lo anterior se presentará un seguimiento del control de la obra en el desarrollo de su ejecución, y por último, en el último apartado se proporcionarán los resultados obtenidos que derivarán en conclusiones, además de mencionar las recomendaciones que al respecto se desprendan.

## II. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES DEL EDIFICIO.

El edificio en estudio forma parte actualmente de las instalaciones de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica ESIME Unidad Azcapotzalco que está ubicada en la esquina que forman la Av. de las Granjas y la calzada Azcapotzalco-La Villa, instalaciones que antiguamente albergaron el Centro Nacional de Enseñanza Técnica Industrial (CNETI).

Estas instalaciones datan según planos del año de 1963. Hasta aproximadamente 1980 estuvieron ocupadas por el CNETI y de esta fecha hasta fines de 1987 en que pasaron a cargo de la ESIME, permanecieron prácticamente abandonadas.

En la figura No. 1 puede observarse la planta de conjunto de estas instalaciones donde el edificio en estudio denominado de oficinas y Auditorio se identifica con el número 1.

El edificio cuenta con 2 niveles; en planta ocupa un área de 13.5 m x 49.5 m y está resuelto mediante una estructura mixta, con losas aligeradas de concreto reforzado, apoyadas en columnas metálicas. Los muros divisorios y cabeceros son de tabique vitrificado. Las columnas están dispuestas en dos ejes longitudinales separadas 4.50 m una de otra; Transversalmente la separación es de 9.90 m. El edificio estaba destinado a oficinas del CNETI, excepto la fracción norte de Planta Baja del eje 8 al 12 donde existe un auditorio. (fig. No.2).

La cimentación consiste en un cajón de concreto reforzado, con trabes entre la losa de fondo y la tapa (fig. No. 3), desplantado a 3.0 m de profundidad respecto a la superficie del terreno.

Las trabes de cimentación tienen un peralte constante entre los ejes 1 y 8 de 2.70 m aprox. mientras que en los ejes 8 al 11 disminuye de ese valor hasta 1.6 m quedando limitado por el piso del auditorio que es inclinado. Estas trabes subdividen al cajón en celdas que se comunican entre sí mediante "pasos de hombre"; sólo dos de las celdas, las limitadas por los ejes 2-3 y 4-5 se comunican por medio de escaleras con la planta baja del edificio.

Cabe mencionar que en la colindancia norte de la ESIME, sobre la calzada Azcapotzalco La Villa (véase fig. No. 4) se encuentra la estación Ferrería de la línea 6 del Metro (Sistema Metropolitano de Transporte) la estación tiene 170 m de largo; un ancho comprendido entre 17 y 54 m y profundidad entre 7 y 11 m.; y fue construida entre 1981 y

1982 utilizando Muro Milán como elemento temporal de contención y un sistema de bombeo para abatimiento del nivel freático a base de 76 pozos de 10 a 15.5 m de profundidad.

De acuerdo a observaciones e inspecciones realizadas en 1988 sobre el edificio se supo que: independientemente del mal estado de conservación en que se encontraba, a la vista fueron notorias las deformaciones de la estructura y pisos, con algunas fisuras y agrietamientos en su cajón de cimentación.

A lo largo de la estructura presentaba cierta curvatura, con mayor elevación al centro y menor en los extremos, el cajón sobresalía de la superficie del terreno 45 cm al centro y disminuía hacia las esquinas, en la dirección transversal, en el eje A (oriente) se encontraba más levantado que el eje B (poniente).

El terreno que rodea al edificio presentaba hundimientos irregulares en su superficie; el volado de la losa de planta baja del edificio en su mayor parte se había "despegado" del terreno.

Esta misma problemática se presentaba en toda la zona de la ESIME, donde por ejemplo en una estación piezométrica identificada como : EP-A (véase fig. No. 1) instalada por DIRAC en 1983 en donde existen tres piezómetros instalados a 5.3, 9.3. y 14.6 m respectivamente éstos habían "emergido" en ese orden de 10 a 25 cm aproximadamente respecto a la superficie del terreno.

## **1.2 ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS PARA OBTENER INFORMACION Y EXPLICAR POSIBLES CAUSAS DE LA AFECTACION DEL EDIFICIO.**

Con base a las observaciones derivadas de los reconocimientos que se mencionan en el inciso anterior, se realizaron trabajos de campo encaminados a obtener conocimientos precisos del comportamiento del suelo de la zona:

- a).- Trabajos topográficos
- b).- Exploración y muestreo del suelo
- c).- Instalación de estaciones piezométricas
- d).- Investigación acerca del bombeo de pozos en la zona.

#### a) TRABAJOS TOPOGRAFICOS

Consistieron en lo siguiente:

- a.1) Levantamiento topográfico de detalle en el edificio.
- a.2) Determinación de Perfiles Longitudinales en los andadores 1, 2 y 3 (véase fig. No. 5).
- a.3) Instalación de referencias en columnas y pisos de edificios, andadores y estacionamiento.
- a.4) Nivelación base de las referencias señaladas en a.3 respecto al banco de nivel BP-1 de elevación arbitraria  $\pm 10,000$  m localizado como lo muestra la figura No. 1 junto al sonda SP-4 instalado en perforación realizada para tal fin y llevada a 18.0 m de profundidad.
- a.5) Medición de desplomes en las columnas de esquina del edificio.

#### h) EXPLORACION Y MUESTREO

Estos trabajos consistieron en la ejecución de tres sondos de penetración estándar (SP-1, 4 y 6), tres sondeos mixtos (SM-2, 3 y 5) y cuatro pozos a cielo abierto (PCA-1 a 4) ubicados como lo muestra la figura No. 1.

En la Tabla 1 se indica la longitud explorada en los sondeos y pozos, así como la elevación de su brocal respecto al banco de referencia BP-1.

**Tabla 1. Longitud explorada en los sondeos y pozos a cielo abierto y elevación de su brocal.**

SONDEO O POZO No.	LONGITUD m.	ELEVACION *BROCAL m.
SP-1	19.50	11.08
SM-2	19.20	10.76
SM-3	15.75	10.74
SP-4	16.60	10.08
SM-5	15.70	9.86
SP-6	15.60	10.05
PCA-1	3.0	10.27
PCA-2	3.0	10.12
PCA-3	3.0	10.11
PCA-4	3.0	10.35

\* Respecto al banco profundo BP-1 de cota arbitraria  $\pm 10,000$  m.

#### e) INSTALACION DE ESTACIONES PIEZOMETRICAS

Con objeto de conocer el estado de presiones de poro en el subsuelo y definir la profundidad del nivel freático, en el sitio de los sondeos SM-3 y SM-5, se instalaron las estaciones piezométricas EP-1 y EP-2, constituidas cada una por 2 piezómetros abiertos tipo Casagrande (P-1 y 2) y un tubo ranurado (TR).

Los piezómetros de la estación EP-1 se instalaron en una perforación realizada para tal fin, distante 1.5 m del sondeo SM-3. El piezómetro P-1 se llevo hasta 15.50 m de profundidad respecto a la superficie de terreno y el P-2 a 10.00 m; y sus celdas se sitúan 20 cm por arriba de estas profundidades. El TR-1 tiene 5 m de longitud. Para la estación EP-2 se aprovechó la perforación dejada por el sondeo SM-5, instalándose el piezómetro P-1 a 15.35 m de profundidad y el P-2 a 10.20 m; el tubo ranurado TR-2 fue a 5.9 m de longitud.

#### d) INVESTIGACION ACERCA DEL BOMBEO DE POZOS EN LA ZONA

Como información complementaria, se investigó la existencia de pozos de bombeo para abastecimiento de agua en el interior y en las cercanías del predio.

### 1.3 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS.

De los trabajos topográficos surgen los siguientes resultados:

La figura No. 6 contiene la ubicación de las referencias en columnas de los edificios y en los pisos de andadores y estacionamientos.

En las Tablas 2 a 6 se reportan las elevaciones de las referencias en las columnas de los tres edificios, en el Hidrosilo y en pavimentos de andadores y banquetas para la medición efectuada también en febrero de 1988.

Por lo que respecta a los tres perfiles topográficos a lo largo de los andadores referidos en a.2, éstos se presentan en la figura No. 5.

Los desplomes medidos en las columnas de esquina de los tres edificios se reportan en magnitud y dirección en la figura No. 7.

Tabla 2. Elevación de los puntos de control en columnas del Edificio 1 (oficinas), en la nivelación base.

Punto Nº	Elev. m	Punto Nº	Elev. m	Punto Nº	Elev. m	Punto Nº	Elev. m
A-1	11.891	A-6	11.947	B-1	11.849	B-6	11.886
A-2	11.894	A-7	11.983	B-2	11.853	B-7	11.901
A-3	11.898	A-8	12.006	B-3	11.856	B-8	11.911
A-4	11.909	A-9	11.368	B-4	11.858	B-9	11.226
A-5	11.919	A-10	10.851	B-5	11.869	B-10	10.743

Tabla 3. Elevación de los puntos de control en columnas del Edificio 2 (talleres-laboratorios) en la nivelación base.

Punto N°	Elev. m						
A-1	11.267	B-7	11.963	C-13	12.013	E-15	11.722
A-2	11.299	B-8	11.976	C-14	12.000	E-17	11.723
A-3	11.348	B-9	11.991	C-15	11.978	E-19	11.704
A-4	11.497	B-10	12.011	C-16	11.995	E-21	11.654
A-5	11.443	B-11	11.991	C-17	11.984	F-1	10.673
A-6	11.461	B-12	11.986	C-18	11.984	F-2	10.812
A-7	11.477	B-13	11.970	C-19	11.991	F-3	10.843
A-8	11.507	B-14	11.958	C-20	11.982	F-4	10.832
A-9	11.542	B-15	11.950	C-21	11.991	F-5	10.841
A-10	11.565	B-16	11.938	D-1	11.568	F-6	10.852
A-11	11.555	B-17	11.919	D-3	11.837	F-7	10.861
A-12	11.521	B-18	11.911	D-5	11.990	F-8	10.875
A-13	11.513	B-19	11.912	D-7	11.998	F-9	10.882
A-14	11.482	B-20	11.913	D-9	12.023	F-10	10.873
A-15	11.469	B-21	11.894	D-11	12.024	F-11	10.860
A-16	11.458	C-1	11.491	D-13	12.024	F-12	10.844
A-17	11.448	C-2	11.769	D-15	12.010	F-13	10.804
A-18	11.408	C-3	11.856	D-17	12.001	F-14	10.792
A-19	11.389	C-4	11.895	D-19	12.001	F-15	10.805
A-20	11.337	C-5	11.928	D-21	11.986	F-16	10.813
A-21	11.313	C-6	11.964	E-1	11.606	F-17	10.829
B-1	11.367	C-7	11.996	E-3	11.665	F-18	10.832
B-2	11.789	C-8	12.018	E-5	11.726	F-19	10.823
B-3	11.823	C-9	12.034	E-7	11.731	F-20	10.815
B-4	11.872	C-10	12.041	E-9	11.722	F-21	10.800
B-5	11.912	C-11	12.036	E-11	11.695		
B-6	11.923	C-12	12.017	E-13	11.681		

Tabla 4. Elevación de los puntos de control en columnas del Edificio 3 (aulas y talleres) en la nivelación base.

Punto N°	Elev. m	Punto N°	Elev. m	Punto N°	Elev. m
A-1	11.775	B-5	12.388	C-17	12.404
A-2	11.775	B-6	12.399	C-19	12.407
A-3	11.773	B-7	12.386	C-21	12.266
A-4	11.783	B-8	12.396	D-1	11.811
A-5	11.773	B-9	12.399	D-3	11.778
A-6	11.779	B-10	12.390	D-5	11.782
A-7	11.779	B-11	12.398	D-7	11.329
A-8	11.778	B-12	12.395	D-9	11.363
A-9	11.787	B-13	12.403	D-11	11.270
A-10	11.785	B-14	12.413	D-13	11.378
A-11	11.789	B-15	12.418	D-15	11.384
A-12	11.786	B-16	12.413	D-17	11.367
A-13	11.789	B-17	12.509	D-19	11.375
A-14	11.797	B-18	12.522	D-21	12.258
A-15	11.804	B-19	12.410	E-1	11.758
A-16	11.810	B-20	12.513	E-3	11.833
A-17	11.804	B-21	12.433	E-5	11.777
A-18	11.803	C-1	12.393	E-7	12.378
A-19	11.809	C-3	12.379	E-9	12.368
A-20	11.817	C-5	12.344	E-11	12.209
A-21	11.821	C-7	12.338	E-13	12.361
B-1	12.406	C-9	12.331	E-15	12.205
B-2	12.395	C-11	12.341	E-17	12.370
B-3	12.393	C-13	12.385	E-19	12.237
B-4	12.397	C-15	12.386	E-21	12.247

Tabla 5. Elevación de los puntos de control en la losa de tapa de hidrosilo, para la medición base.

Punto N°	Elev. m
HS	11.238
HN	11.240
HW	11.233
HE	11.238

Tabla 6. Elevación de puntos de control en estacionamientos y andadores en la nivelación base.

Punto N°	Elev. m						
1	10.906	31	10.433	61	10.345	91	9.877
2	11.081	32	10.436	62	10.219	92	9.763
3	10.882	33	10.448	63	10.319	93	9.853
4	11.071	34	10.485	64	10.046	94	10.199
5	10.851	35	10.494	65	10.311	95	10.242
6	10.349	36	10.764	66	10.207	96	10.063
7	10.350	37	10.513	67	10.457	97	10.243
8	10.440	38	10.370	68	10.018	98	10.447
9	10.467	39	10.416	69	10.347	99	10.303
10	10.494	40	10.432	70	10.377	100	10.302
11	10.522	41	10.414	71	10.291	101	10.283
12	10.512	42	10.403	72	10.003	102	10.318
13	10.522	43	10.403	73	10.387	103	10.111
14	10.532	44	10.454	74	10.110	104	10.157
15	10.540	45	10.472	75	9.831	105	10.342
16	10.547	46	10.468	76	10.415	106	10.318
17	10.305	47	10.394	77	10.444	107	10.405
18	10.469	48	10.653	78	10.390	108	10.413
19	10.814	49	10.303	79	10.465	109	10.393
20	10.924	50	10.382	80	10.412	110	10.386
21	10.837	51	10.504	81	10.310	111	10.465
22	10.663	52	10.515	82	10.299	112	10.296
23	10.598	53	10.491	83	10.315	113	10.236
24	10.529	54	10.492	84	10.383	114	10.451
25	10.527	55	10.472	85	10.437	115	10.497
26	10.473	56	10.535	86	10.392	116	10.486
27	10.371	57	10.507	87	10.196	117	10.466
28	10.456	58	10.432	88	10.269	118	10.421
29	10.440	59	10.330	89	10.340		
30	10.419	60	10.320	90	10.165		

Nota: La elevación de los bancos utilizados para la nivelación base es de 10.000 m en el BP-1 y 10.091 m en el BS-1.

En el muestreo y exploración del subsuelo a las muestras recuperadas se clasificaron en laboratorio conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y se les determinó:

- a) Contenido natural de agua,  $w$   
y a muestras de suelo tipo se les determinó, además:
- b) Límites de consistencia Líquido y Plásticos, LL y LP.
- c) Porcentaje de partículas finas, F.
- d) Granulometría por el método de mallas.

A muestras inalteradas seleccionadas se les determinó:

- e) Resistencia al corte con torcómetro,  $S_t$
- f) Resistencia al corte en compresión no confinada  $sq_u$
- g) Resistencia al corte en compresión triaxial, no consolidada, no drenada
- h) Compresión en consolidación Unidimensional
- i) Peso específico relativo,  $S_s$
- j) Relación de vacíos,  $e$ , peso volumétrico natural,  $\gamma$ , y grado de saturación  $G$

Los resultados de todos estos ensayos están contenidos en las figuras como a continuación se presentan:

En las figuras de la 14 a la 21 se dibuja la variación con la profundidad de las propiedades de la a) a la e); en las figuras 15, 16, 18, 20 y 21 se gráfica además, la correspondiente a las propiedades e), f), i), y j).

Las curvas de Compresibilidad ( $e-\log p$ ) obtenidas en los ensayos de consolidación unidimensional, se muestran en las figuras 22 a 27.

En la figura No. 28 se dibuja el círculo de Mohr de una prueba efectuada para determinar g). Y por último en las figuras 29 a 31 se reportan las curvas granulométricas según d).

Además de los perfiles estratigráficos ya mencionados (figs. 14 a 21) se formaron perfiles de los suelos a lo largo de los ejes 1 a 4 de la figura No. 1 que aparecen en las figuras números 32 y 33. De lo anterior se desprende:

El subsuelo corresponde con el de la llamada zona de Transición de la ciudad de México o Zona II. En él se distinguen seis capas principales cuya elevación de horizonte superior, profundidad y espesor, se indica en la Tabla No. 7. Las capas son las siguientes:

Capa 1.- Rellenos heterogéneos, constituidos por mezclas de arcilla, limo, arena y grava, con escombros y desperdicios de construcción. El espesor de los rellenos es irregular; en el pozo PCA-1 es de 0.3 m y en el sondeo SP-4 alcanza 1.6 m.

Capa 2.- Predominan suelos limosos, color café oscuro, café - olivo, gris - olivo, y gris claro, con contenidos variables de arena fina y capas intercaladas de ella, así como algunos grumos calcáreos; En el sondeo SM-3 la capa está constituida principalmente por arcilla limosa y arcilla arenosa. Los suelos en conjunto son de consistencia media a dura, excepto en el SM-3 que son de consistencia blanda.

Características de los suelos:

(Profundidad)	P=	0.3 a 1.6 m
(Espesor)	E=	1.9 a 3.0 m
	N:	2 a 24 Golpes
	w:	30 a 100%
	F:	56 a 96 %
	Ss:	2.26 a 2.62
	e:	1.5 a 2.9
	$\gamma$ :	1.1 a 1.4 t/m <sup>3</sup>
	St:	4 a 13 t/m <sup>2</sup>
	Squ:	1.5 a 15 t/m <sup>2</sup>

Capa 3: Arcilla blanda, compresible, CH, color gris - olivo, café - amarillo, café - rojo, y café - olivo, con algunas arcillas fosilizadas y vetas de limo y vidrio volcánico.

Características:

P:	2.8 a 4.0 m.
E:	0.9 a 2.8 m.
w:	Hasta 436%
Ss:	2.12 a 2.51
e:	2.6 a 9.0
$\gamma$ :	1.1 a 1.2 t/m <sup>3</sup>
St:	2.5 a 4.5 t/m <sup>2</sup>
Squ:	1.1 a 10.7 t/m <sup>2</sup>

Capa 4.- Suelo arenoso - limoso, arenoso - arcilloso, y limo - arenoso, de compactación y/o consistencia media a alta, color gris oscuro y gris olivo, con algunos grumos calcáreos, y vetas de vidrio volcánico y lentes delgadas de arcilla.

Características:

P:	4.9 a 5.8 m.
E:	5.1 a 7.2 m.
N:	10 a >50 golpes
w:	5 a 90%
F:	4 a 88%

Capa 5.- Arcilla y limo arcilloso, de consistencia blanda color gris - verde y gris olivo. En los sonders SM-5 y SP-6 la capa tiene más de dos metros de espesor y contiene intercalaciones de limo arenoso y de vidrio volcánico; en el resto de los sonders el espesor es reducido (menor de 0.8 m.).

Características de la arcilla:

P:	9.9 a 12.6 m.
E:	0.1 a 2.3 m.
w:	Hasta 476%
Ss:	2.26 a 2.46
e:	1.0 a 7.5
$\gamma$ :	1.2 a 1.7 t/m <sup>3</sup>
St:	2.5 a 4.5 t/m <sup>2</sup>
Squ:	1.4 a 7.2 t/m <sup>2</sup>

Capa 6 Depósitos limo - arenoso y arenoso limoso compactos y arcillo - limoso duro, color gris olivo, gris oscuro, café - pálido y café amarillo, con poca grava fina y algunos lentes de vidrio volcánico.

Características:

P:	11.9 a 13.0 m.
E:	>3.1 m.
N:	26 a >50 Golpes
F:	26 a 97%

Tabla 7. Elevación del horizonte superior (HS), espesor (E) y profundidad (P) de las seis capas principales en el subsuelo.

	Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5			Capa 6			
	HS	E	P	HS	E	P	HS	E	P	HS	E	P	HS	E	P	HS	E	P	
SP-1	11.08	1.1	1.1	9.98	1.9	3.0	8.08	2.8	5.8	5.28	6.8	12.6	-1.52	0.4	13.0	-1.92	0.4	13.0	>6.4
SM-2	10.76	0.3	0.3	10.46	2.9	3.2	7.56	2.2	5.4	5.36	5.8	11.2	-0.44	0.7	11.9	-1.04	0.7	11.9	>7.3
SM-3	10.34	1.0	1.0	9.34	3.0	4.0	6.34	0.9	4.9	5.44	7.2	12.1	-1.76	0.8	12.9	-2.56	0.8	12.9	>2.8
SP-4	10.08	1.6	1.6	8.48	2.3	3.9	6.18	1.2	5.1	4.98	6.9	12.0	-1.92	0.5	12.5	-2.42	0.5	12.5	>4.1
SM-5	9.86	1.1	1.1	8.76	1.9	3.0	6.86	2.0	5.0	4.86	4.9	9.9	-0.04	2.2	12.1	-2.24	2.2	12.1	>3.6
SP-6	10.05	0.6	0.6	9.45	2.2	2.8	7.25	2.3	5.1	4.95	5.1	10.2	-0.15	2.3	12.5	-2.45	2.3	12.5	>3.1
PCA-1	10.27	0.3	0.3	9.97	2.4	2.7	7.57	>0.3											
2	10.12	0.8	0.8	9.32	2.0	2.7	7.32	>0.5											
3	10.11	1.2	1.2	8.91	>1.8														
4	10.35	0.4	0.4	9.95	>2.6														

\* HS, P y E, en metros

En lo referente a las condiciones hidráulicas del subsuelo, destaca la ausencia del nivel freático hasta por lo menos la profundidad explorada de 19.5 m. Exploraciones efectuadas con anterioridad en el predio, o a pocos metros de él, señalan que ese nivel se definía a 3.7 m de profundidad en 1966 y entre 1.7 y 2.6 m en 1980.

En la tabla 8 se anotan las fechas de medición de los aparatos y la profundidad de los niveles piezométricos respecto a la superficie del terreno.

**TABLA 8. Fechas de Instalación y Medición de los Aparatos y Profundidad de los Niveles Freáticos (N.F.) y Piezométrico**

Fecha	Estación EP-1			Estación EP-2		
	N.F.	Nivel Piezométrico en m.		N.F.	Nivel Piezométrico en m.	
	TR - 1 (5.00)*	P - 1 (15.30)	P - 2 (9.80)	TR - 2 (5.90)	P - 1 (15.15)	P - 2 (10.00)
18 Ene '88	Inst.	Inst.	Inst.	-----	-----	-----
19 Ene '88	4.80	15.11	Seco	-----	-----	-----
25 Ene '88	Seco	15.02	Seco	-----	-----	-----
26 Ene '88	-----	-----	-----	Inst.	Inst.	Inst.
27 Ene '88	Seco	15.03	9.93	Seco	13.24	Seco
27 Ene '88	Se lavó	Se lavó	Se lavó	Se lavó	Se lavó	Se lavó
27 Ene '88	4.30	15.45	9.85	5.70	15.05	8.20
2 Feb '88	4.53	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
20 Feb '88	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
16 May '88	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

\* Entre paréntesis aparece la profundidad del centro de las celdas de los piezómetros y la longitud de los tubos ranurados, en m.

Como puede observarse en ninguna de los tubos ranurados y piezómetros existe agua, es decir, que el nivel freático se encuentra por debajo de la profundidad explorada.

Además como información adicional, se lavaron y midieron dos estaciones piezométricas instaladas en 1983 por DIRAC; en este estudio se identifican como EP-A y EP-

B y su ubicación se indica en la figura No. 1. La estación EP-A estuvo constituida por tres aparatos y la EP-B por dos. En la Tabla 9 se indican los resultados de las mediciones efectuadas en ellas; al igual que en las estaciones EP-1 y EP-2, no existió nivel de agua en los piezómetros hasta por lo menos 15.3 m de profundidad.

**TABLA 9. Profundidad de los niveles piezométricos en las estaciones existentes en el área.**

Fecha	Prof. de Niveles Piezométricos, en m.				
	Estación EP-A			Estación EP-B	
	P-1 (14.63)*	P-2 (9.37)	P-3 (5.35)	P-1 (9.37)	P-2 (5.56)
25 Ene '88	Seco	Seco	Seco	-----	-----
27 Ene '88	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
27 Ene '88	Se lavó	Se lavó	Se lavó	Se lavó	Se lavó
27 Ene '88	Seco	8.25	4.20	8.0	4.23
2 Feb '88	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

\*Profundidad total respecto a la superficie del terreno

En la información llevada a cabo acerca de la existencia de pozos de bombeo en la zona cercana al predio y en el interior de éste, se obtuvo lo siguiente:

El número de pozos de bombeo en el área de Azcapotzalco se vino incrementando cada año. Según planos de la Dirección de Construcción y Operación Hidráulica (DGOH) del Departamento del Distrito Federal, en noviembre de 1967 existían 24 pozos de bombeo y para julio de 1985 el número se había incrementado a 35, como lo muestran las figuras Nos. 34 y 35.

En el interior de la Unidad sólo existe un pozo de bombeo, a unos 25 m al noroeste del hidrosilo, pero abandonado y desmantelado desde hace algún tiempo y del que se desconocen sus características y fecha de suspensión. Su brocal de concreto reforzado, ha "emergido" 25 cm aproximadamente respecto al terreno.

Fuera de la ESIME en un radio de 500 m existen tres pozos más: uno ubicado en la calle Central No. 21 (a unos 250 m al noroeste del hidrosilo), que no ha operado desde 1987,

y dos más en el rastro de Ferrería (a unos 500 m al norte), que operan sólo en caso de emergencia.

Del Boletín de Mecánica de Suelos de 1981 de la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM); se determina que en la zona han venido ocurriendo fuertes pérdidas de la presión de poro. Así, en la estación más cercana al predio (a 1 Km de distancia aprox.), identificada como P-507, el piezómetro instalado a 38.0 m de profundidad ya se encontraba seco en 1963, el de 52.85 m quedó seco en 1974 y en 1977 el de 75.0 m de profundidad continuaba registrando pérdida paulatina de la presión, de modo que en 1977 la pérdida era 55 t/m<sup>2</sup>.

De datos también publicados por la CAVM, se deduce que el hundimiento regional en el área ha sido de 10 cm en el período de 1966-1970, de 18 cm en 1970-1973 y de 17 cm en 1973-1977, siendo las velocidades de hundimiento de 2.7, 5.3 y 4.2 cm/año respectivamente, para cada período.

En la figura No. 36 se marcan los valores en milímetros del hundimiento medido entre el 11 de febrero y el 25 de mayo de 1988, que corresponde a un lapso de tres meses y 14 días. De esta nivelación se concluye que los edificios 1 y 2 y algunas áreas locales exteriores se encontraban en proceso de hundimiento, siendo importante en algunos de ellos.

Después de considerar todos los datos arrojados en los estudios mencionados se resume y concluye lo siguiente:

- La unidad ESIME Azcapotzalco se localiza en una zona de transición, en la que el subsuelo está constituido por depósitos aluviales y lacustres, alternados, irregulares en espesor y profundidad. Hasta 12.5 m de profundidad media, existen dos capas principales de arcilla lacustre compresible, una de 0.9 a 2.8 m de espesor situada a partir de 2.8 y 4.0 m de profundidad, y otra de 0.4 a 2.3 m a partir de 9.9 y 12.6 m; en algunos sondeos se detectan, además, uno ó dos lentes de arcilla más delgados. El contenido de agua presenta fuertes variaciones no sólo de un punto a otro del área estudiada, sino aún en las mismas capas arcillosas. El valor máximo del contenido de agua de la arcilla es del 476%. La arcilla es por lo general de baja resistencia al corte y de compresibilidad media a alta. Los suelos aluviales son arenosos y limosos, de compresibilidad media a alta. A partir de 12.5 m de profundidad los suelos se encuentran en estado muy compactado, y de otros sondeos vecinos al área, puede concluirse que por lo menos hasta 30 m de profundidad no existen otras capas o lentes de arcilla lacustre compresible.
- La zona ha estado sujeta a los efectos de una intensa y prolongada explotación de agua subterránea. De la información recopilada se concluye que ya con anterioridad a la construcción de la unidad (1963) existía la explotación. Las pérdidas de la presión del agua del subsuelo son notablemente fuertes, así a 75 m de profundidad es de 55 t/m<sup>2</sup> en 1977. Lo mismo ocurre con el nivel freático, el cual en 1966 se encontraba a 3.7 m de profundidad y actualmente a más de 19.5 m.
- Esas pérdidas de la presión del agua del subsuelo, han ocasionado hundimientos. De la información que al respecto se recopiló, se concluye que el hundimiento ocurrido en la zona entre 1966 y 1977 fue de 45 cm.
- Es un hecho comprobado el agrietamiento del subsuelo que viene generándose en años recientes en zonas de transición de la ciudad de México, producido por las fuertes

deformaciones inducidas por la explotación del agua subterránea y es causa principal del mal comportamiento de las cimentaciones y del subsuelo.

- En el área que ocupa la Unidad y específicamente el edificio de Auditorio, destacan fracciones bien localizadas, en las que la superficie del terreno está más hundida que el resto. El hundimiento es notable a la vista. De la nivelación que abarcó el período del 11 de febrero al 25 de mayo de 1988, se determina que el proceso de hundimiento es muy activo, pues alcanza hasta 5 cm tan solo en este período de 3.5 meses (figura No. 36).
- Los hundimientos también pueden estar asociados a grietas profundas en el subsuelo, hacia las que hay flujo de agua (de lluvia, de riego y de tuberías o drenajes rotos), así como a la inestabilidad del terreno vecino a ellas y al movimiento de bloques.
- Por lo que respecta al edificio en estudio No. 1 de Auditorio, aunque tiene una cimentación totalmente compensada, esta más hundida en los extremos que en el centro, en forma convexa. La deformación diferencial máxima en losa de planta alta es de 40 cm y la distorsión angular máxima entre dos columnas, contiguas es de 1/27. Estos valores están muy por arriba de los permisibles, razón por lo que la estructura está deformada y desnivelada.

Analizando la situación del edificio, el Patronato de Obras e Instalación del Instituto Politécnico Nacional (POI-IPN) organismo responsable del mantenimiento y ejecución de obras en la ESIME Azcapotzalco se encontraba en la disyuntiva de demoler o reforzar total o parcialmente la cimentación y superestructura del edificio. Tomando la decisión de llevar a cabo la adecuación del edificio mediante las siguientes directrices:

- 1.- Recimentación del edificio mediante pilotes de tipo controlable eligiéndose el de la patente Pilote de Control.
- 2.- Reestructuración de la superestructura fundamentalmente efectuando una rigidización del edificio.
- 3.- Realizar el movimiento para conseguir en la medida de lo posible la horizontalidad del inmueble aprovechando las técnicas ventajosas del Pilote controlable.

El desarrollo de los puntos anteriores, objeto de este trabajo, se llevó a cabo en el período de finales de 1989 a agosto de 1990 y los siguientes capítulos nos brindarán a detalle en procedimiento y técnicas empleadas para tal propósito.

FIGURAS

DEL

CAPITULO I

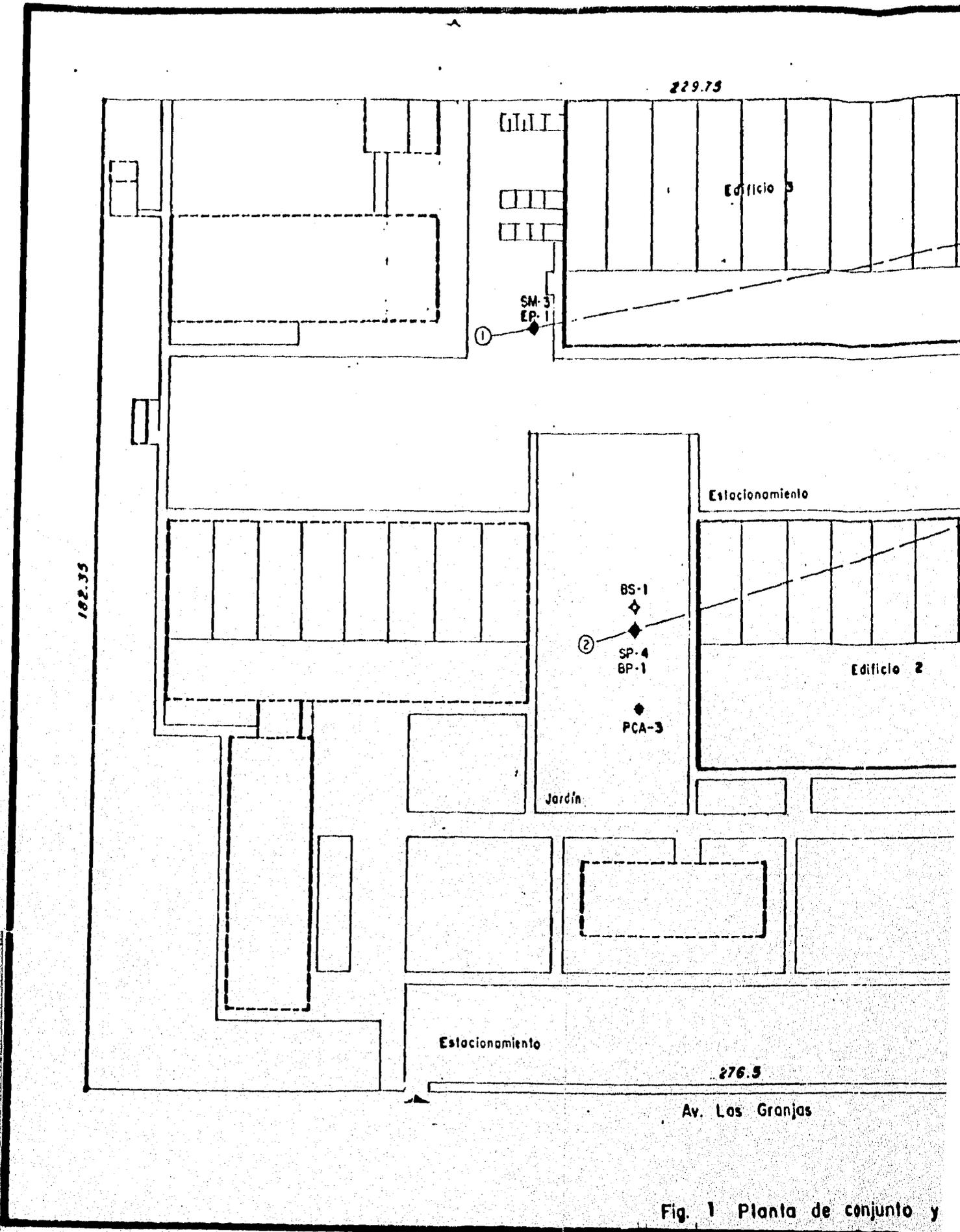


Fig. 1 Planta de conjunto y

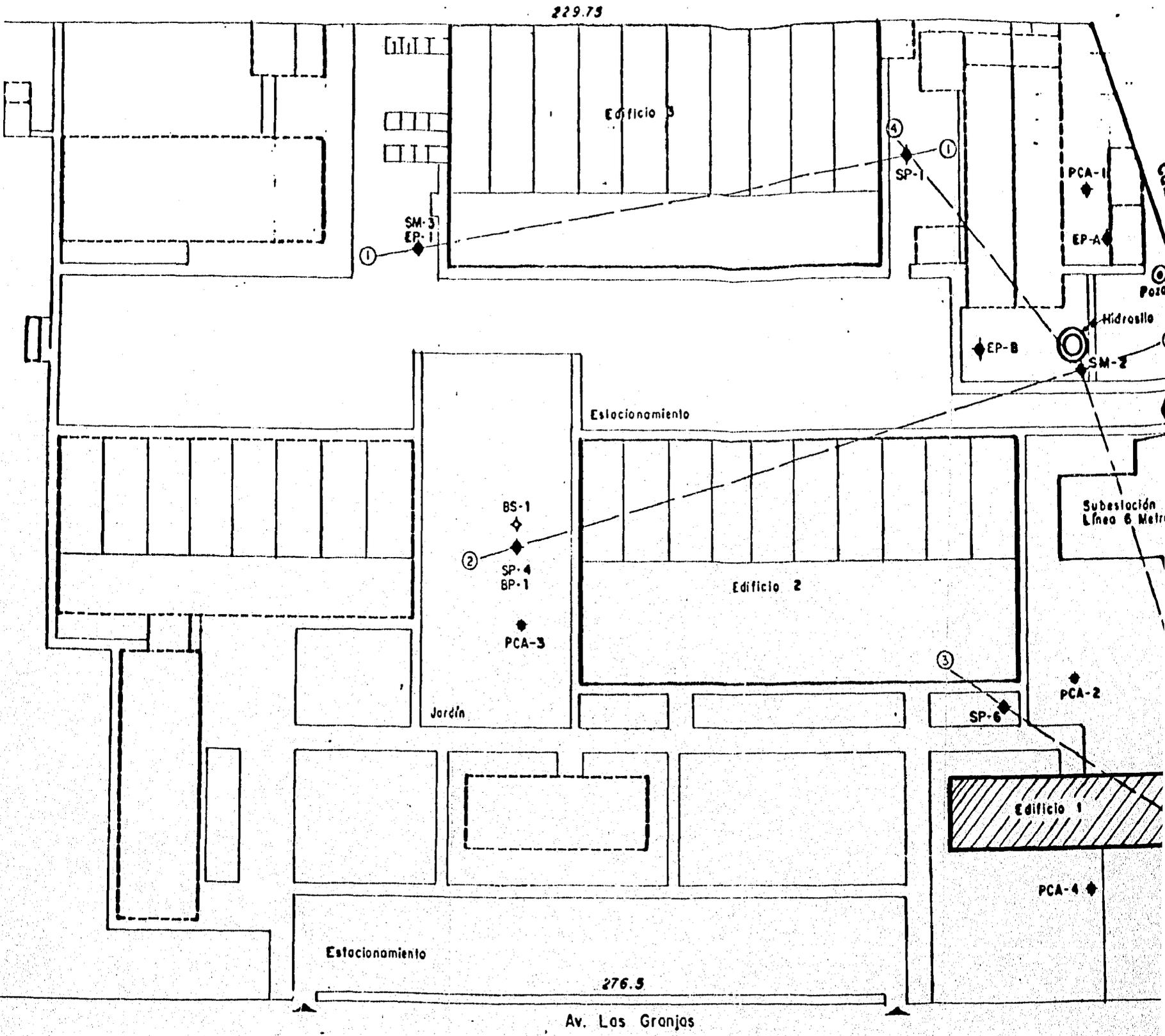


Fig. 1 Planta de conjunto y ubicación de sondeos y pozos

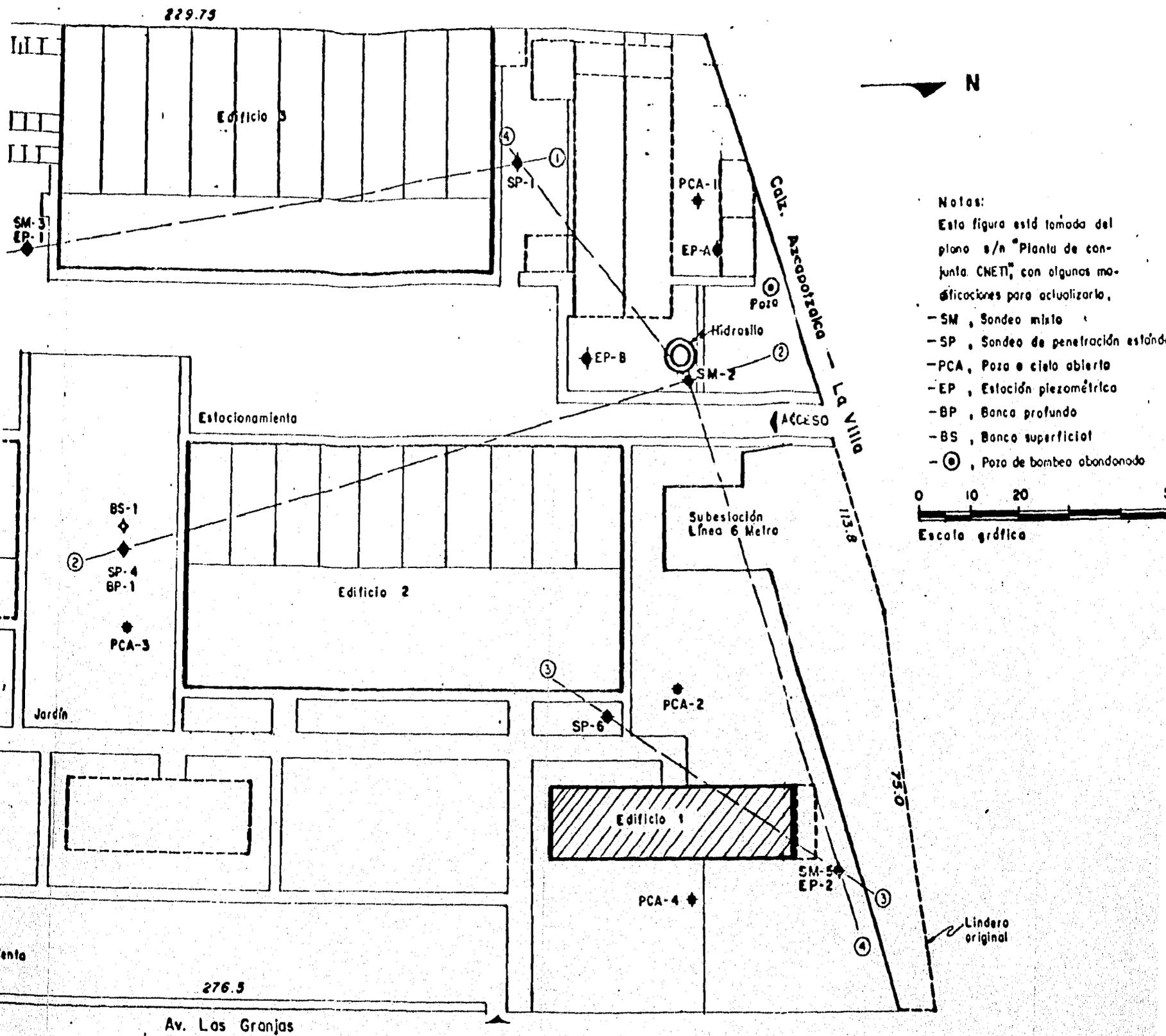
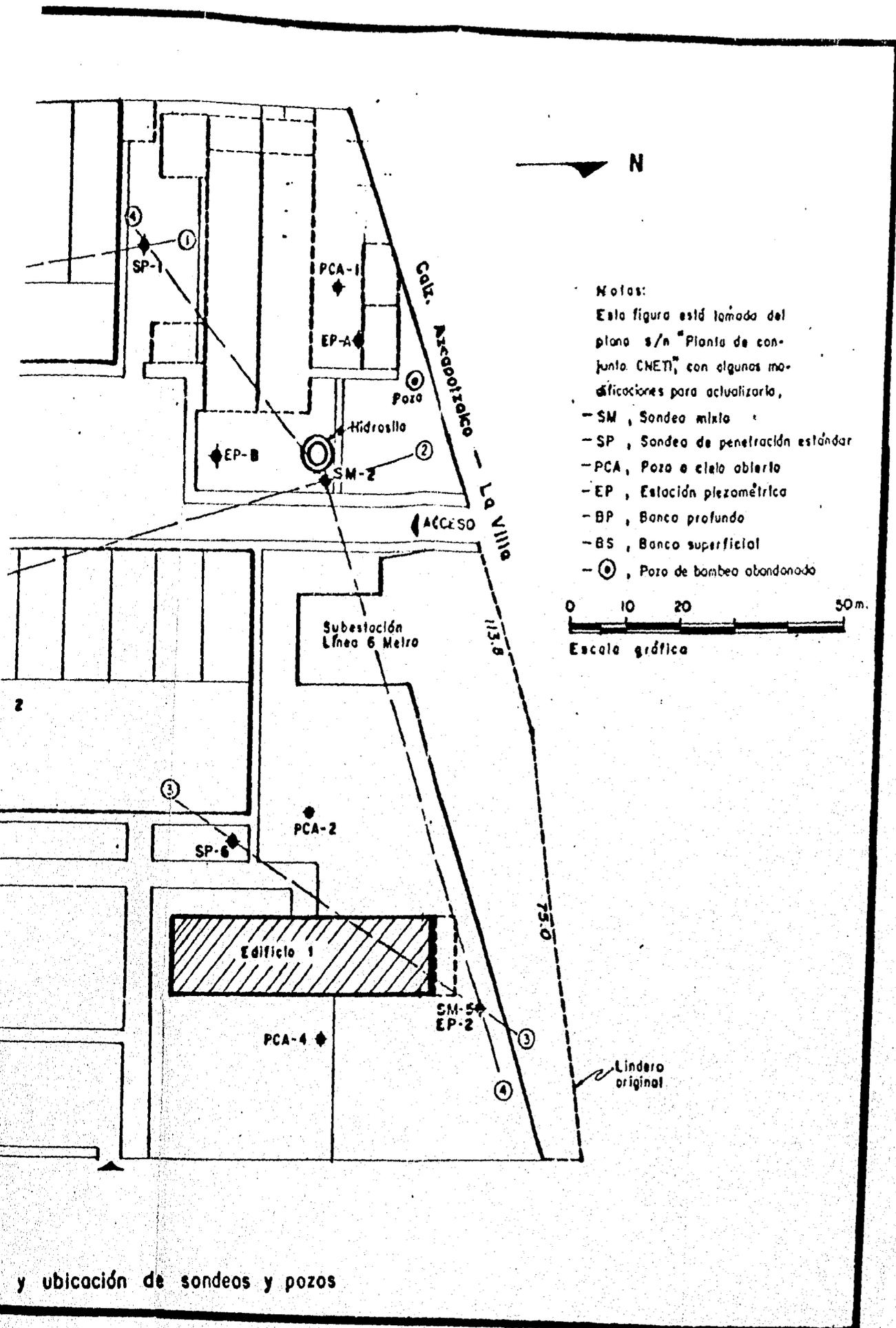


Fig. 1 Planta de conjunto y ubicación de sondeos y pozos



y ubicación de sondeos y pozos

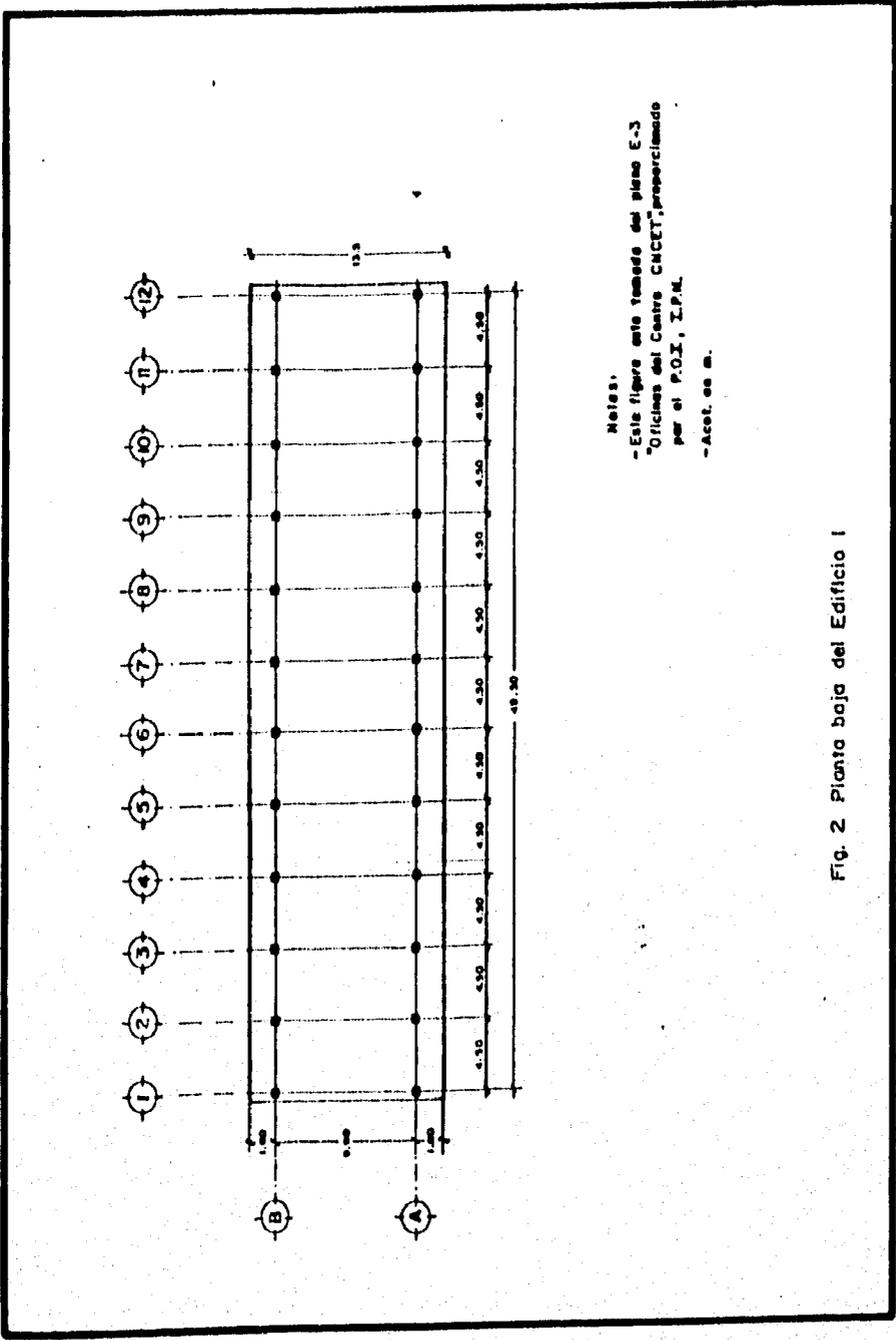


Fig. 2 Planta baja del Edificio I

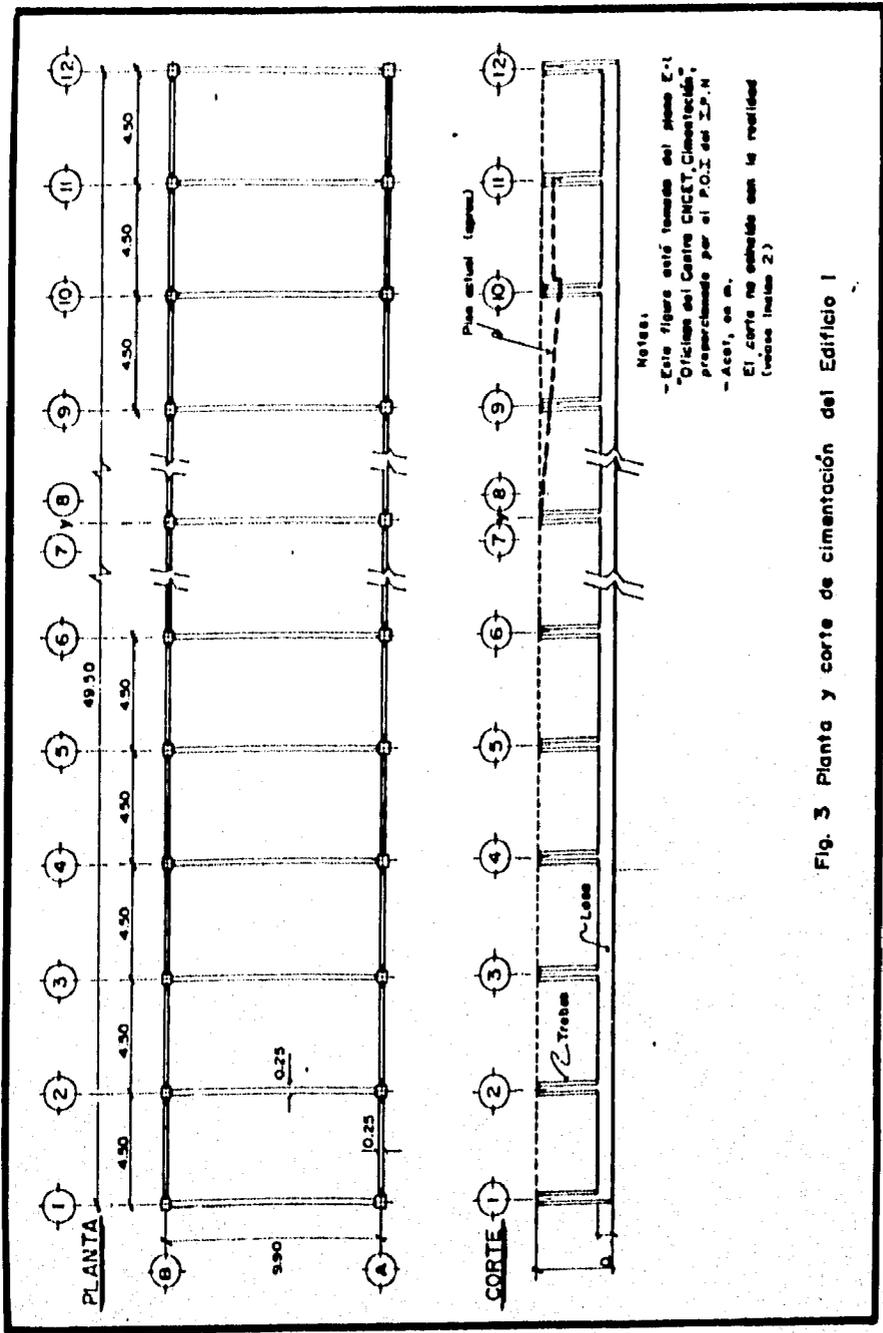
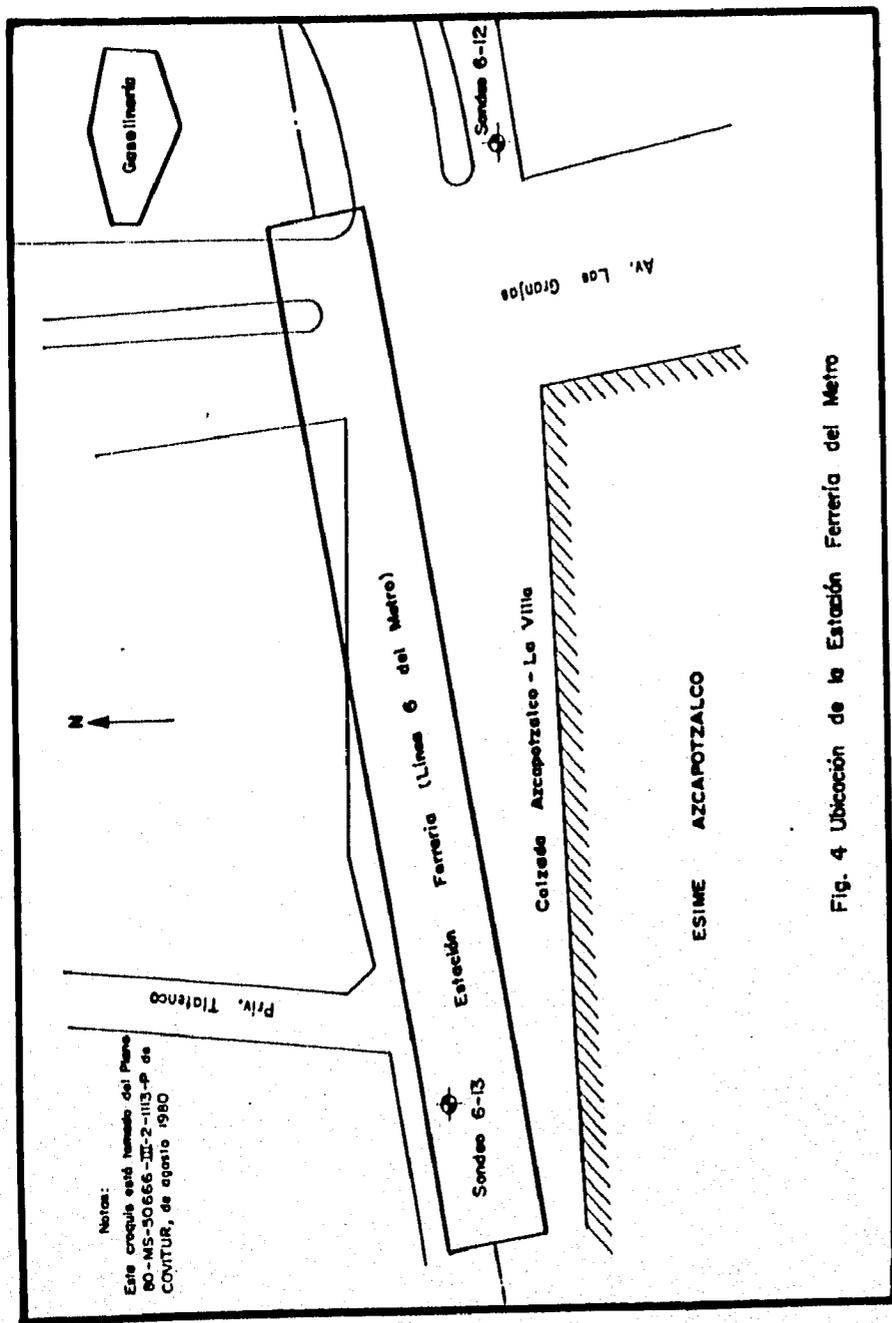


Fig. 3 Planta y corte de cimentación del Edificio I



Notas:  
 Este croquis está tomado del Plano  
 80-NS-50666-III-2-1113-P de  
 CONUTUR, de agosto 1980

Fig. 4 Ubicación de la Estación Ferrería del Metro

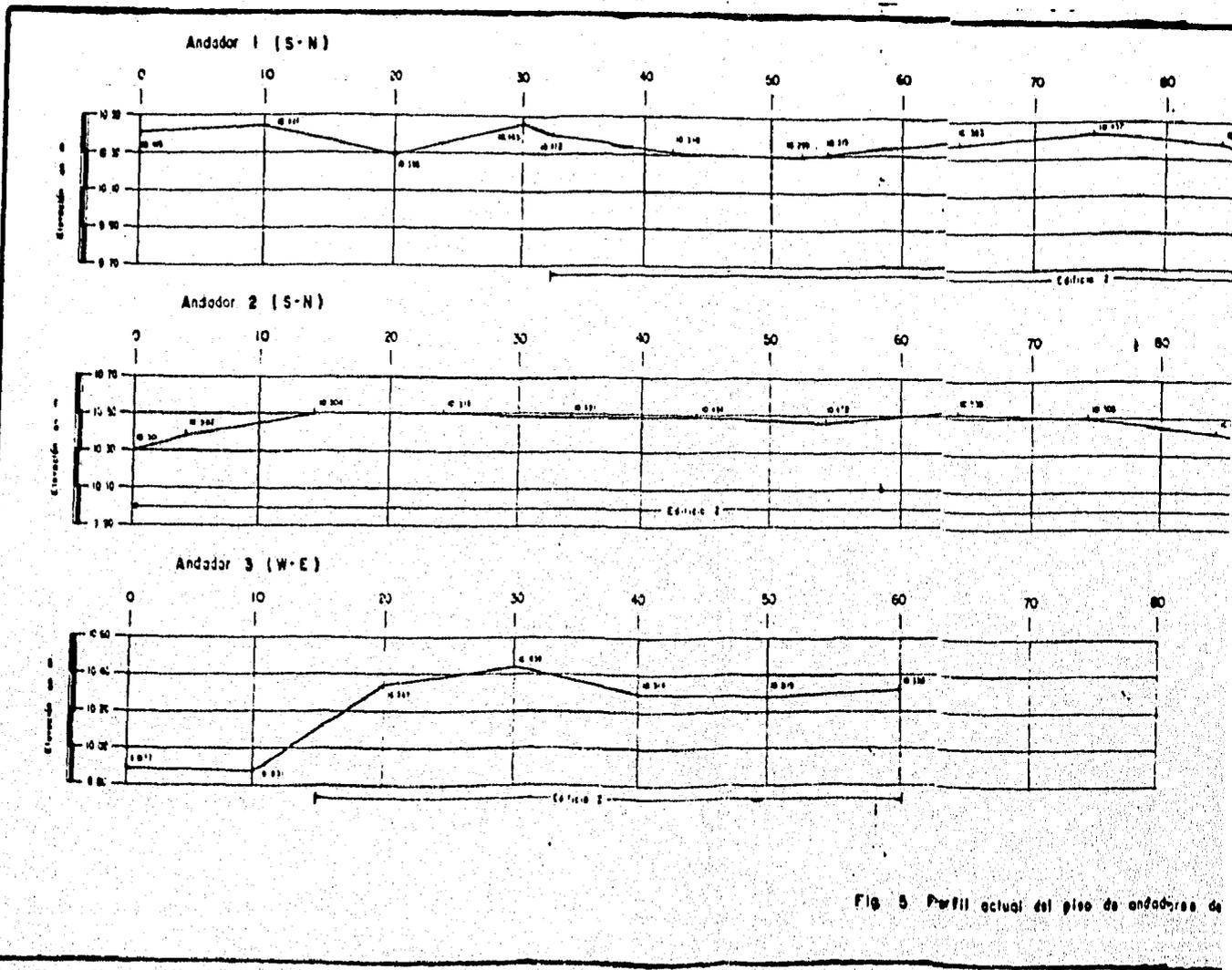


Fig. 5 Perfil actual del piso de andadores de

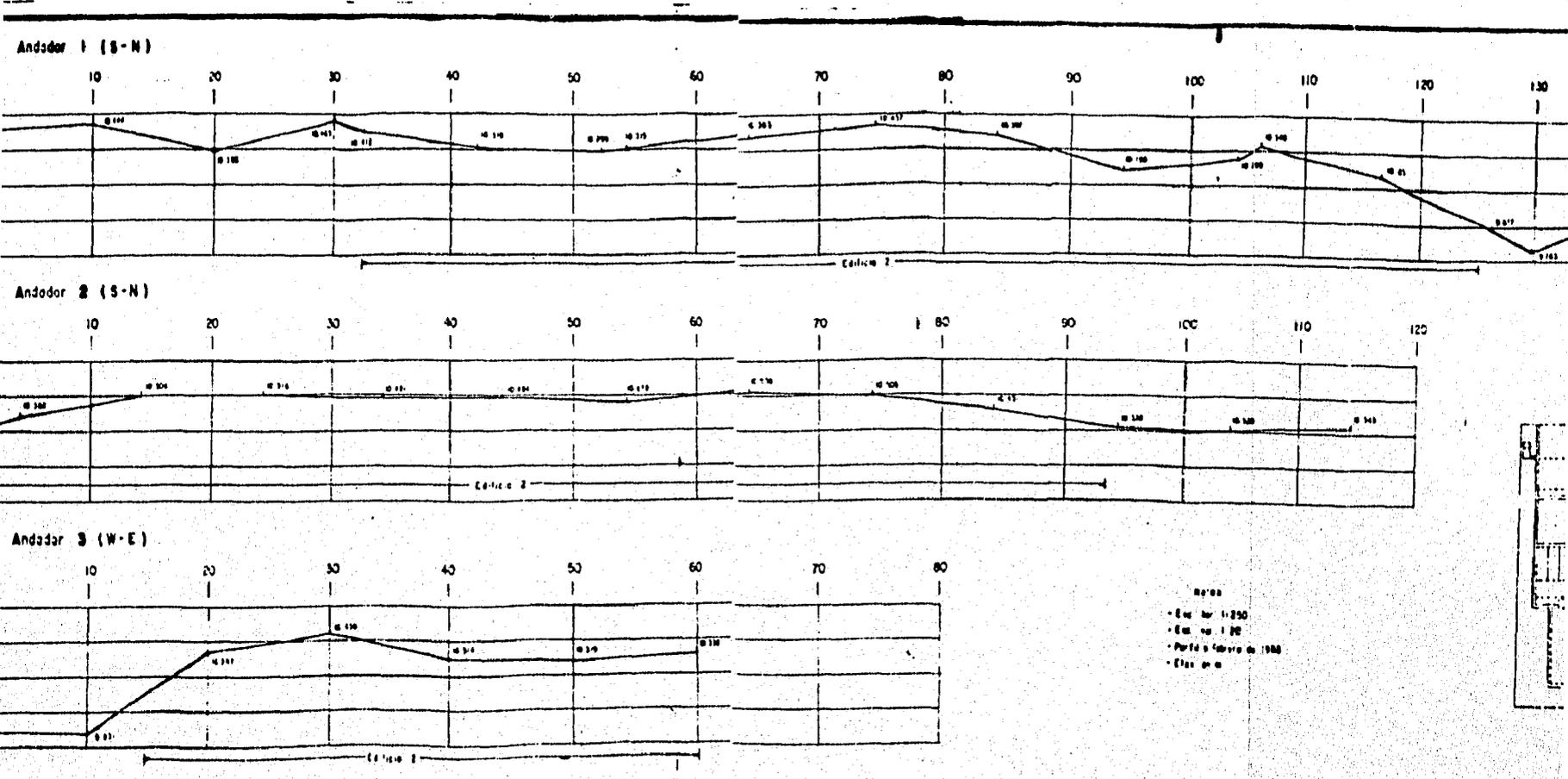


Fig. 5 Perfil actual del piso de andadores de la E.S.I.M.E. Azcapotzalco

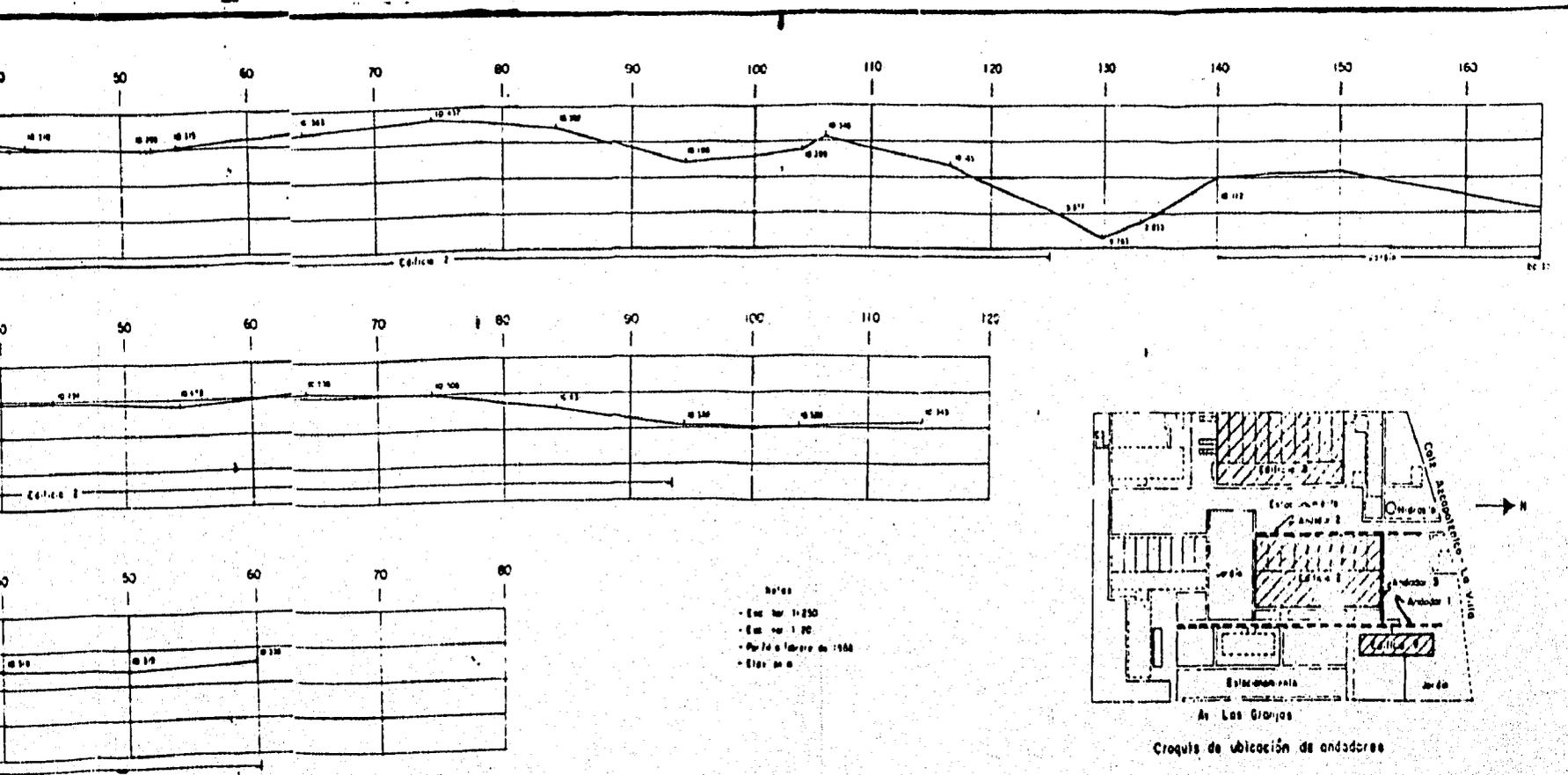
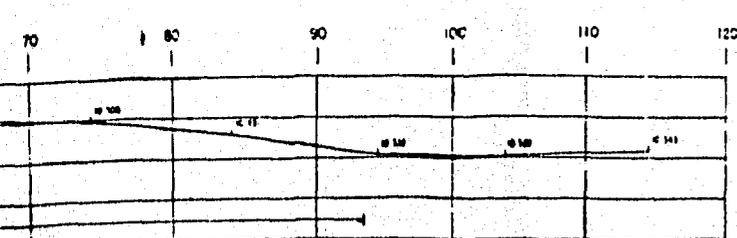
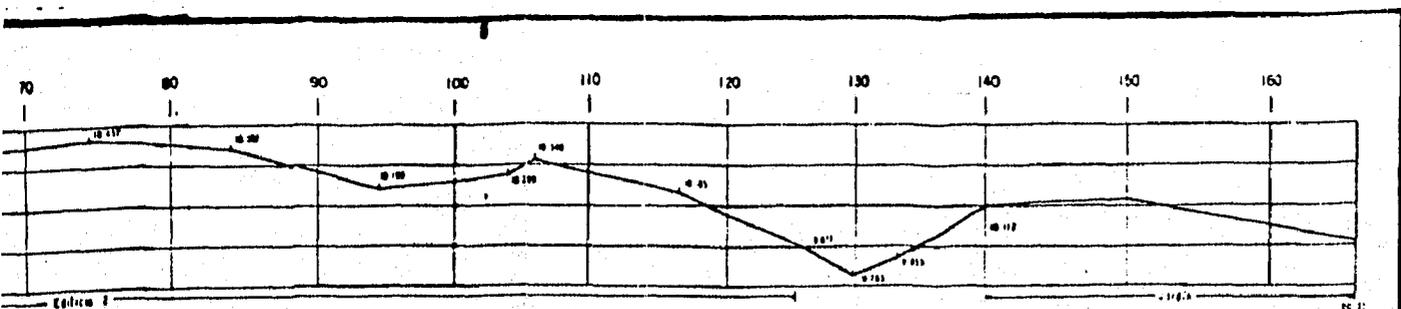
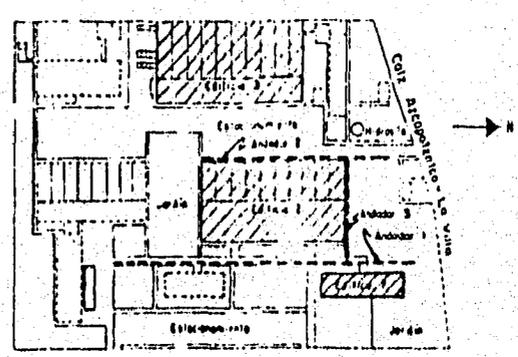


Fig. 5 Perfil actual del piso de anclajes de la E.S.I.M.E. Arcapetzelca



70	80

- Notas
- Escala 1:250
  - Escala 1:50
  - Perfil a lo largo de 1500
  - Escala 1:100



As Los Granjos  
Croquis de ubicación de anclajes

Actual del piso de anclajes de la E.S.I.M.E. Arcopetrol

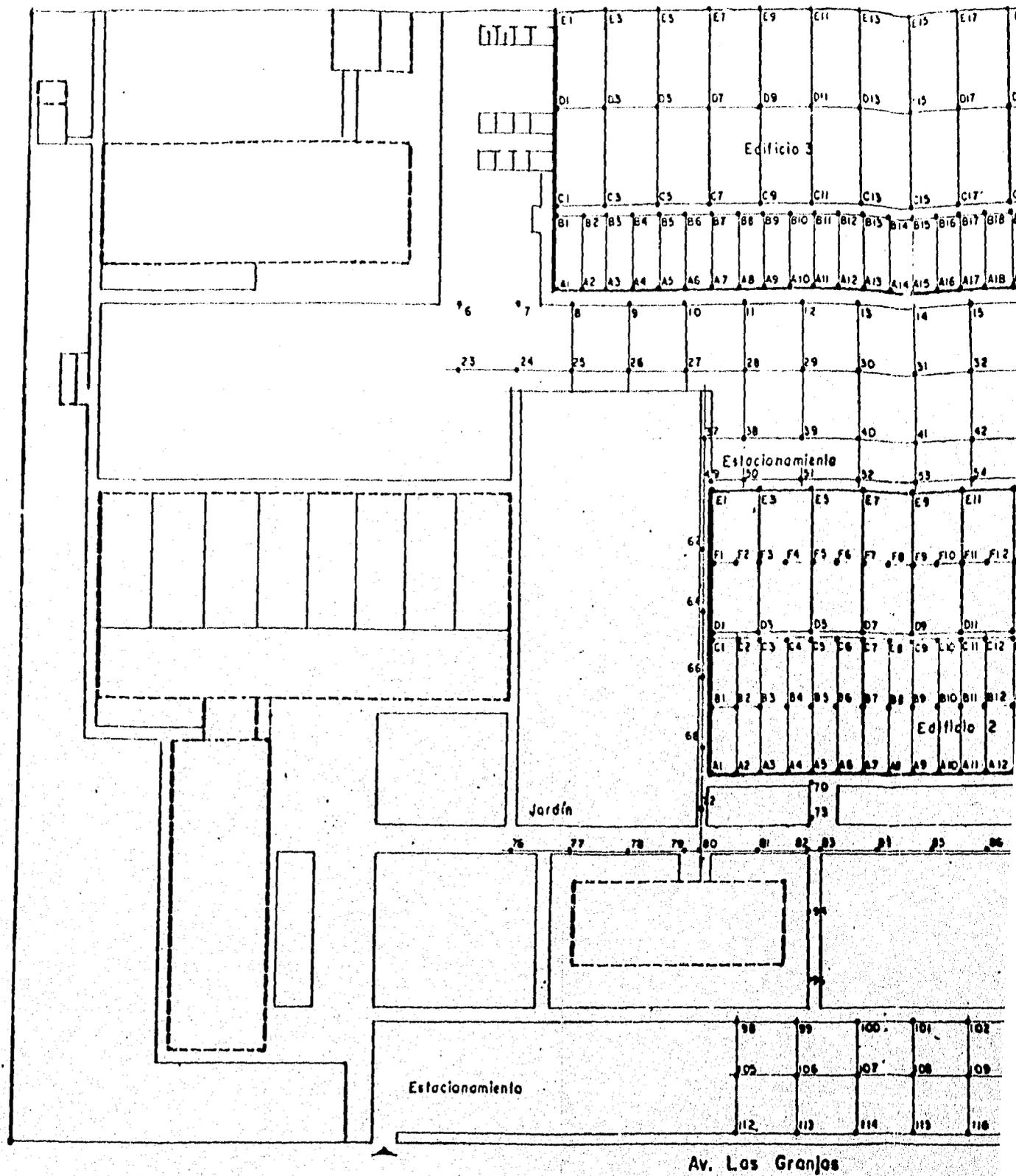


Fig. 6 Puntos de medición

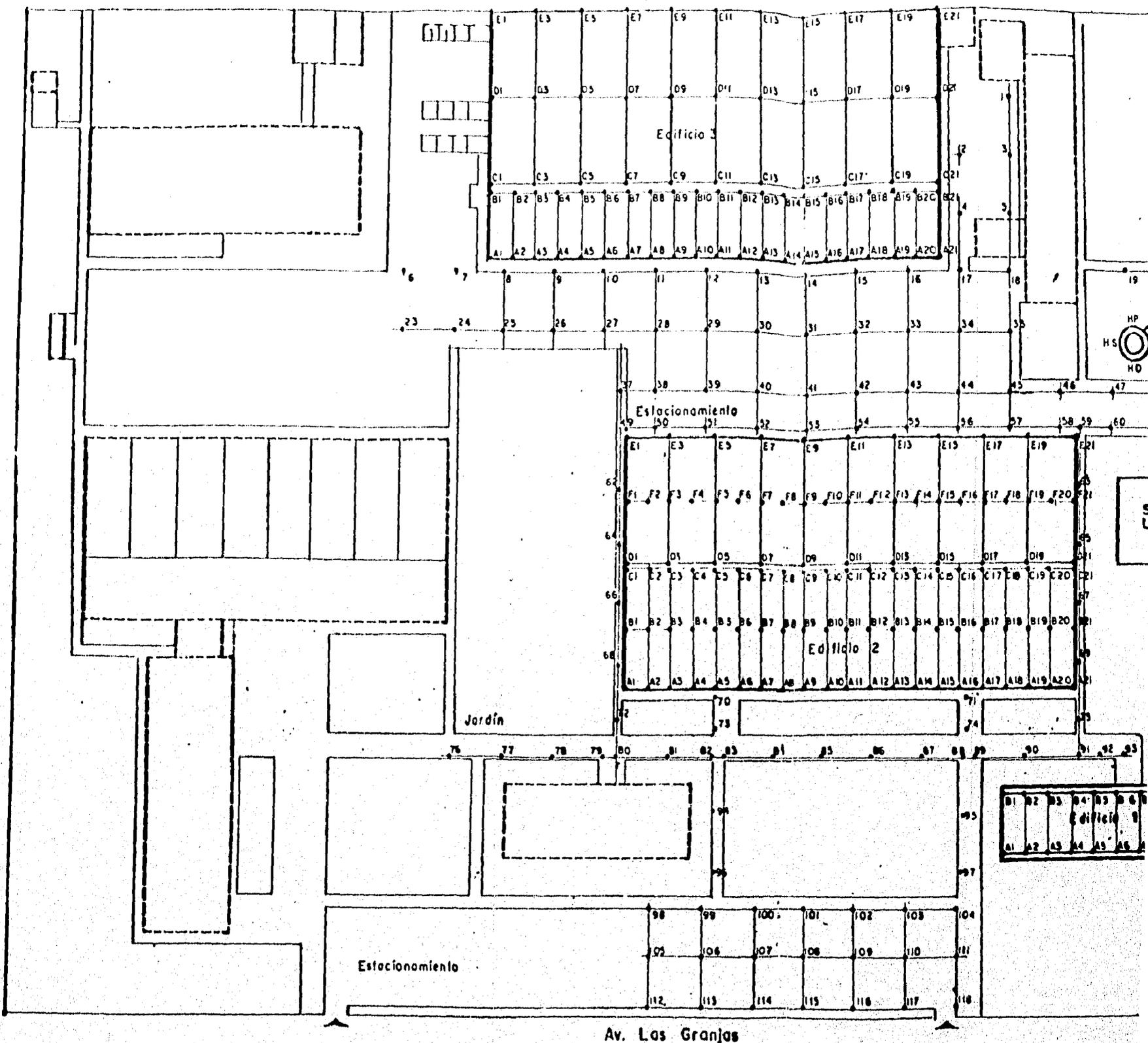


Fig. 6 Puntos de medición

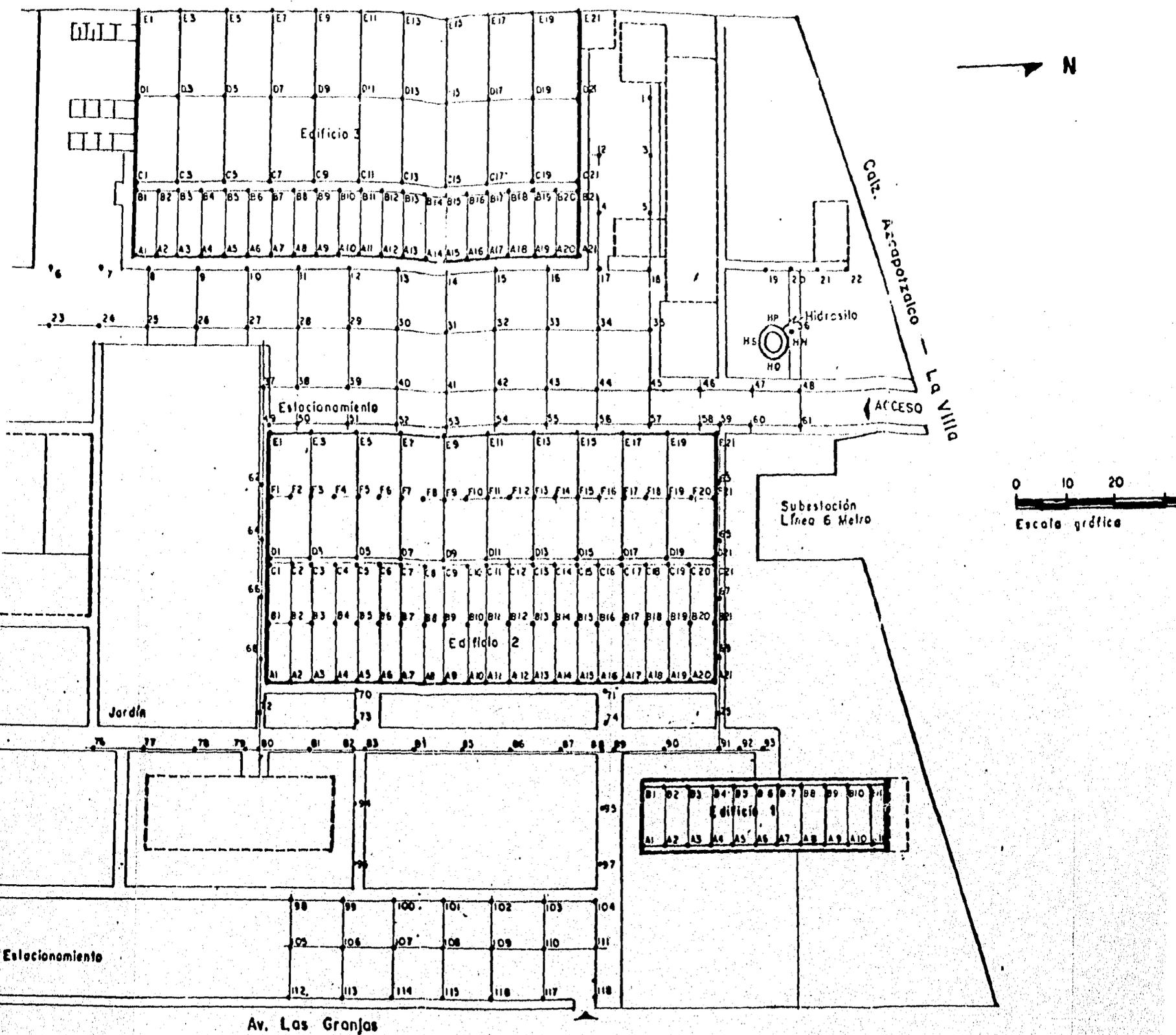
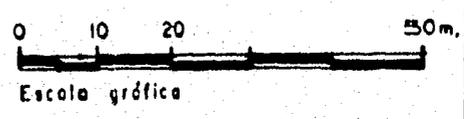
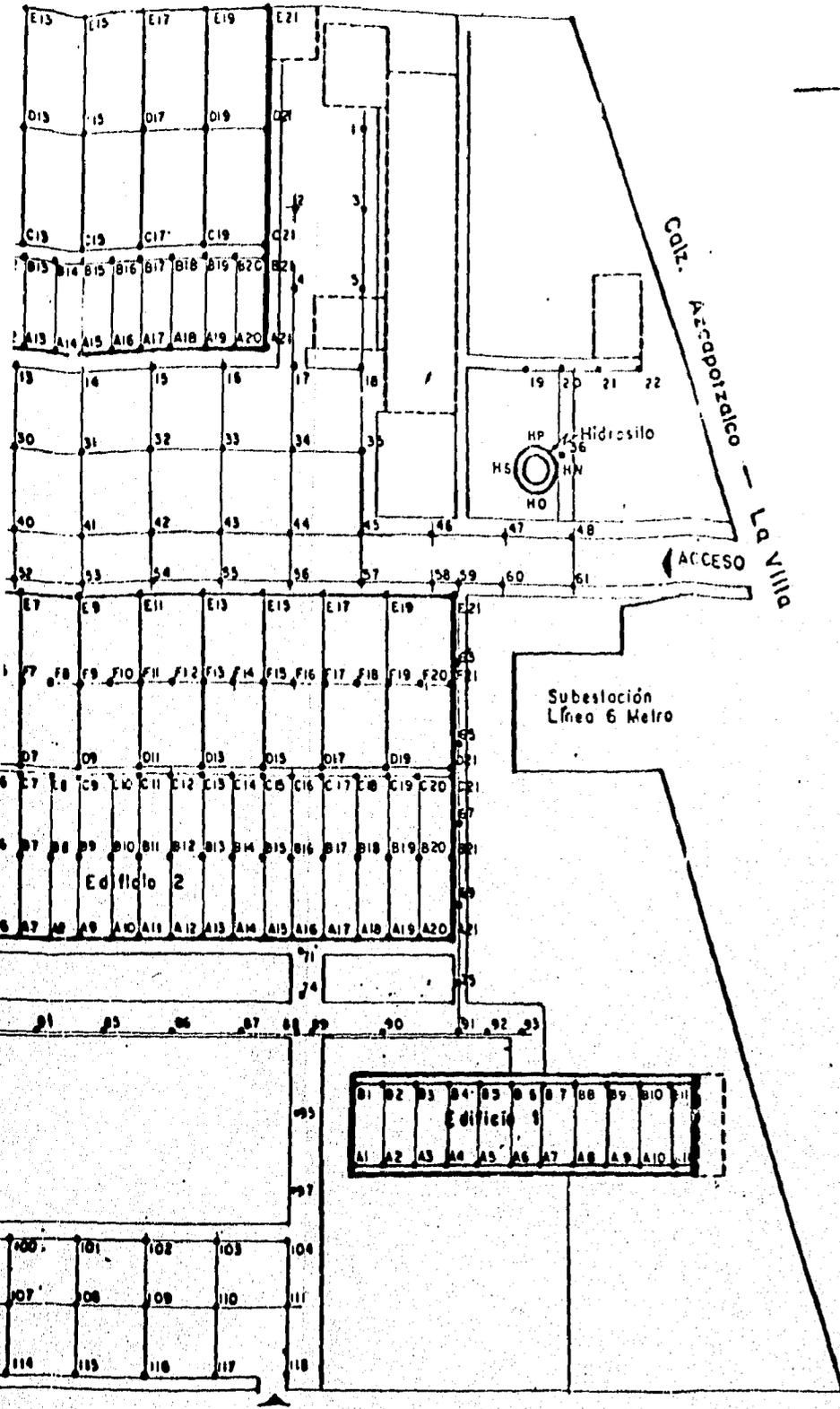
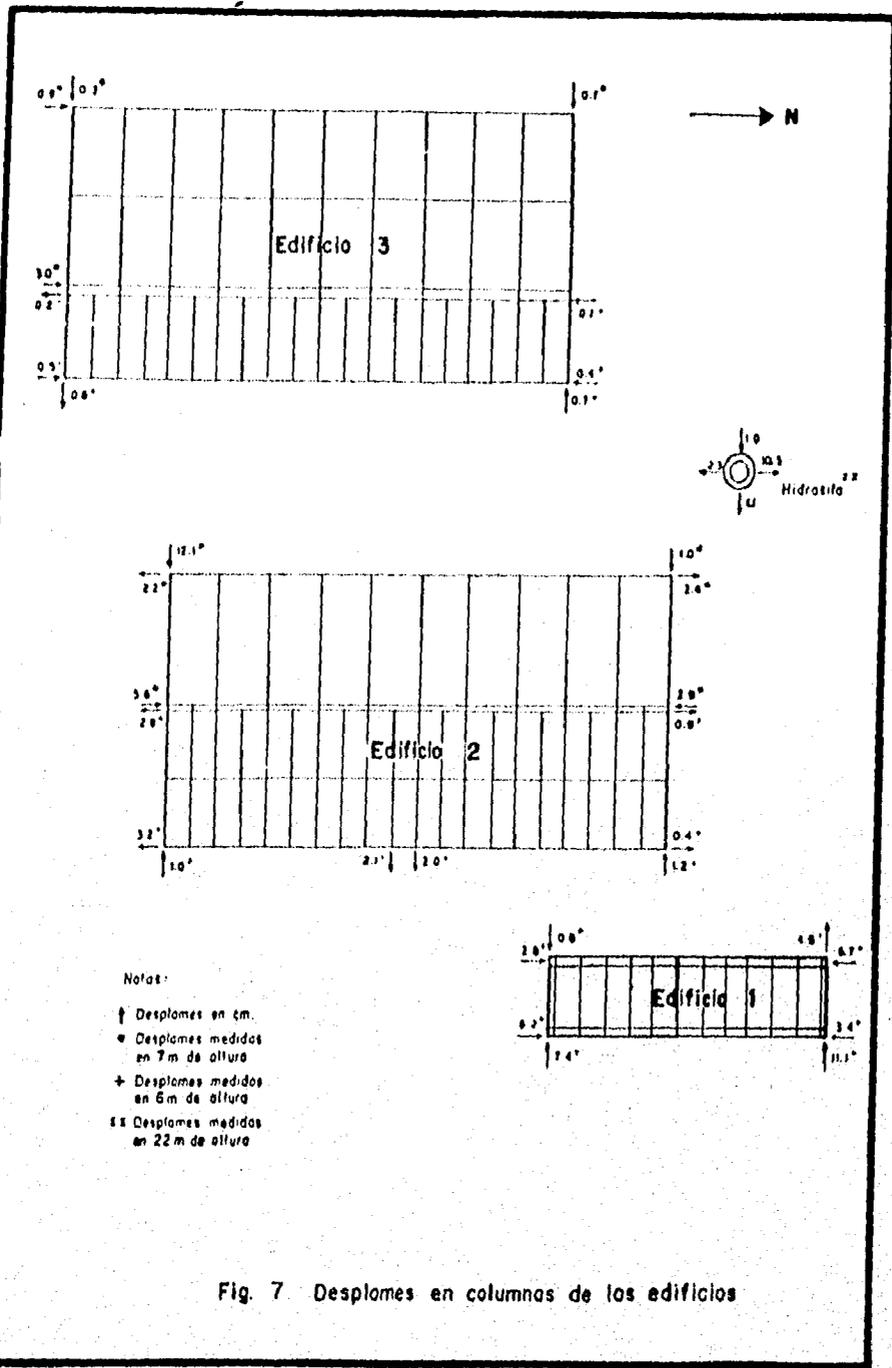


Fig. 6 Puntos de medición



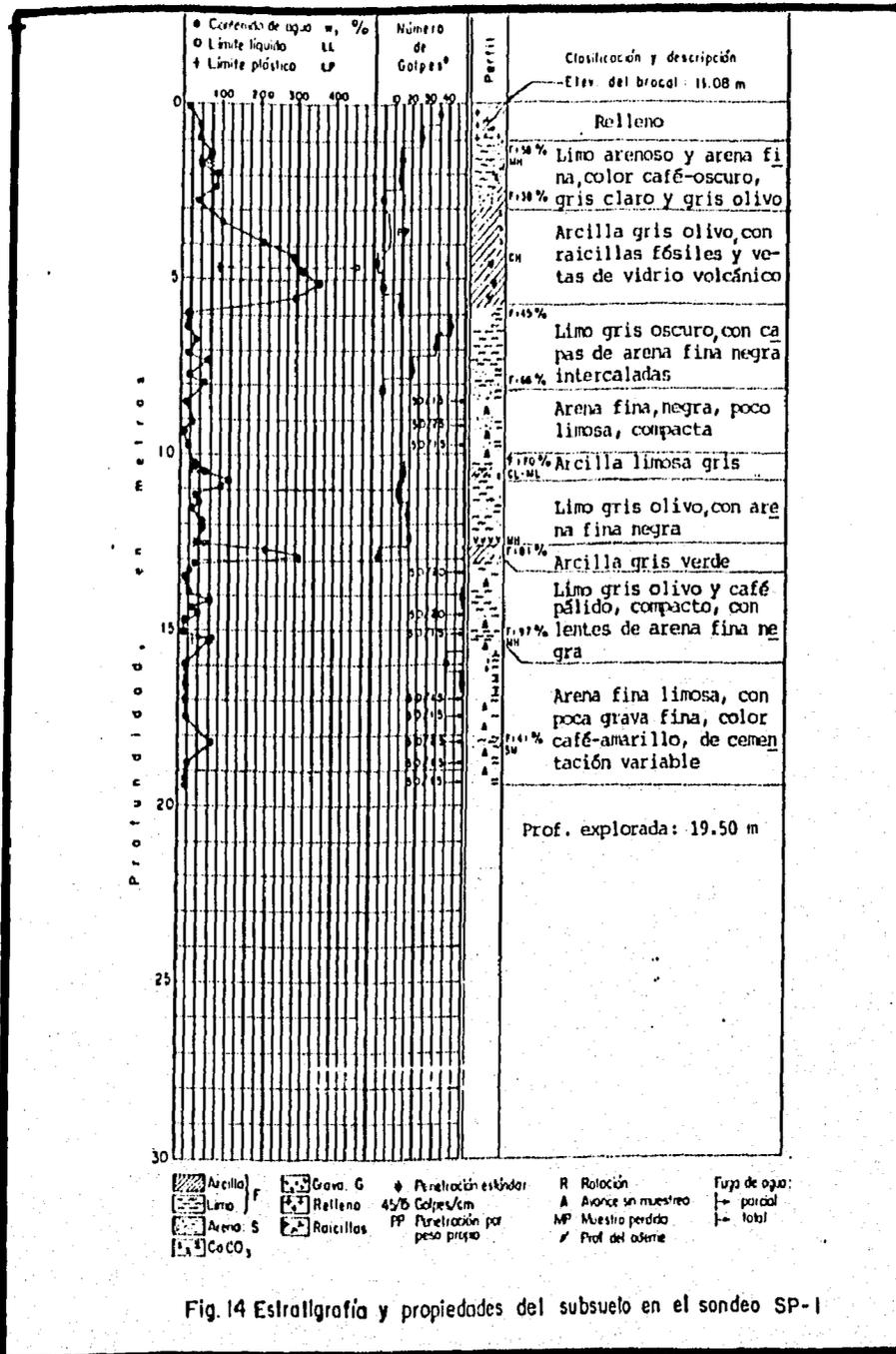
de medición

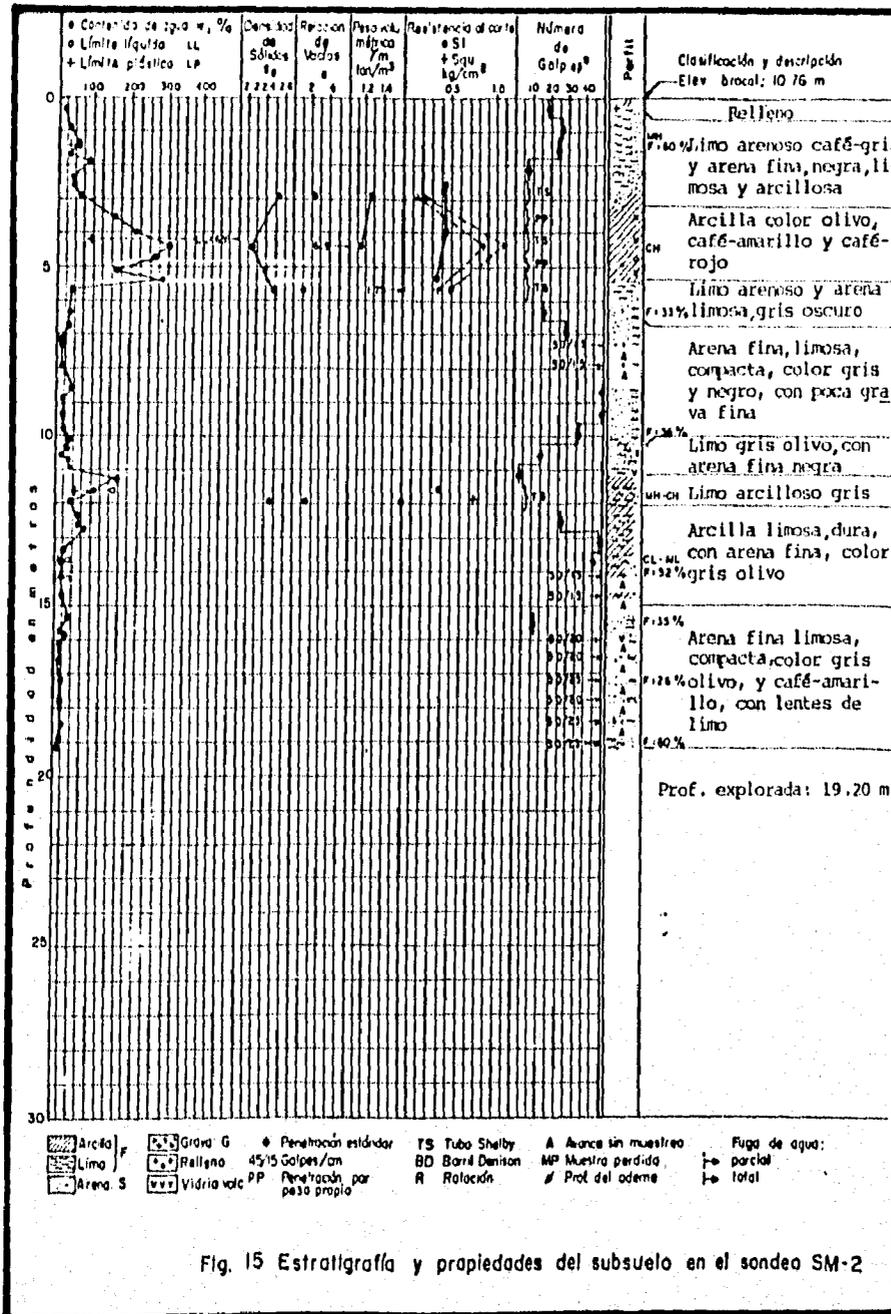


Notas:

- ↑ Desplomes en cm.
- Desplomes medidos en 7m de altura
- + Desplomes medidos en 6m de altura
- ≡≡ Desplomes medidos en 22m de altura

Fig. 7. Desplomes en columnas de los edificios





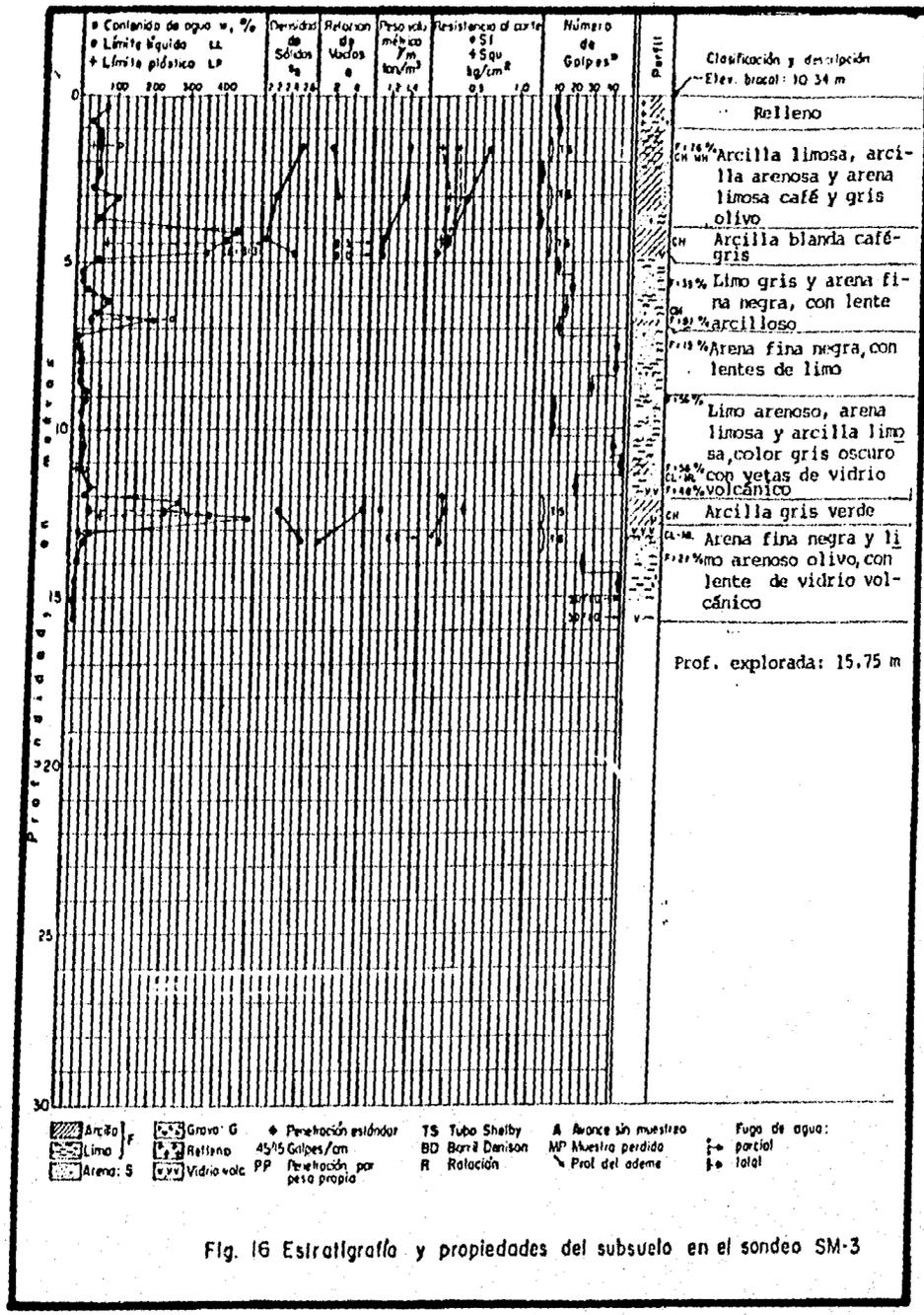
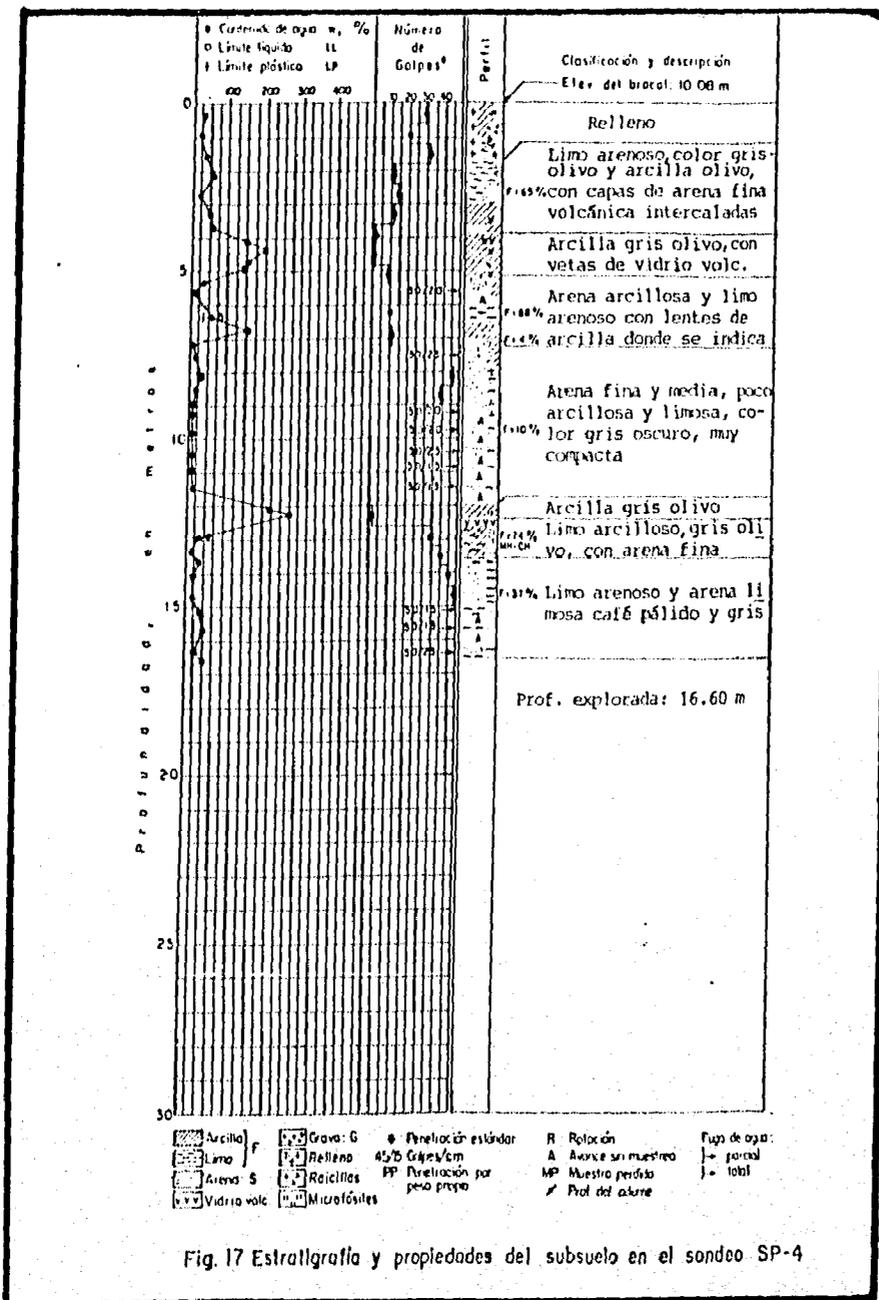


Fig. 16 Esratlografo y propiedades del subsuelo en el sondeo SM-3



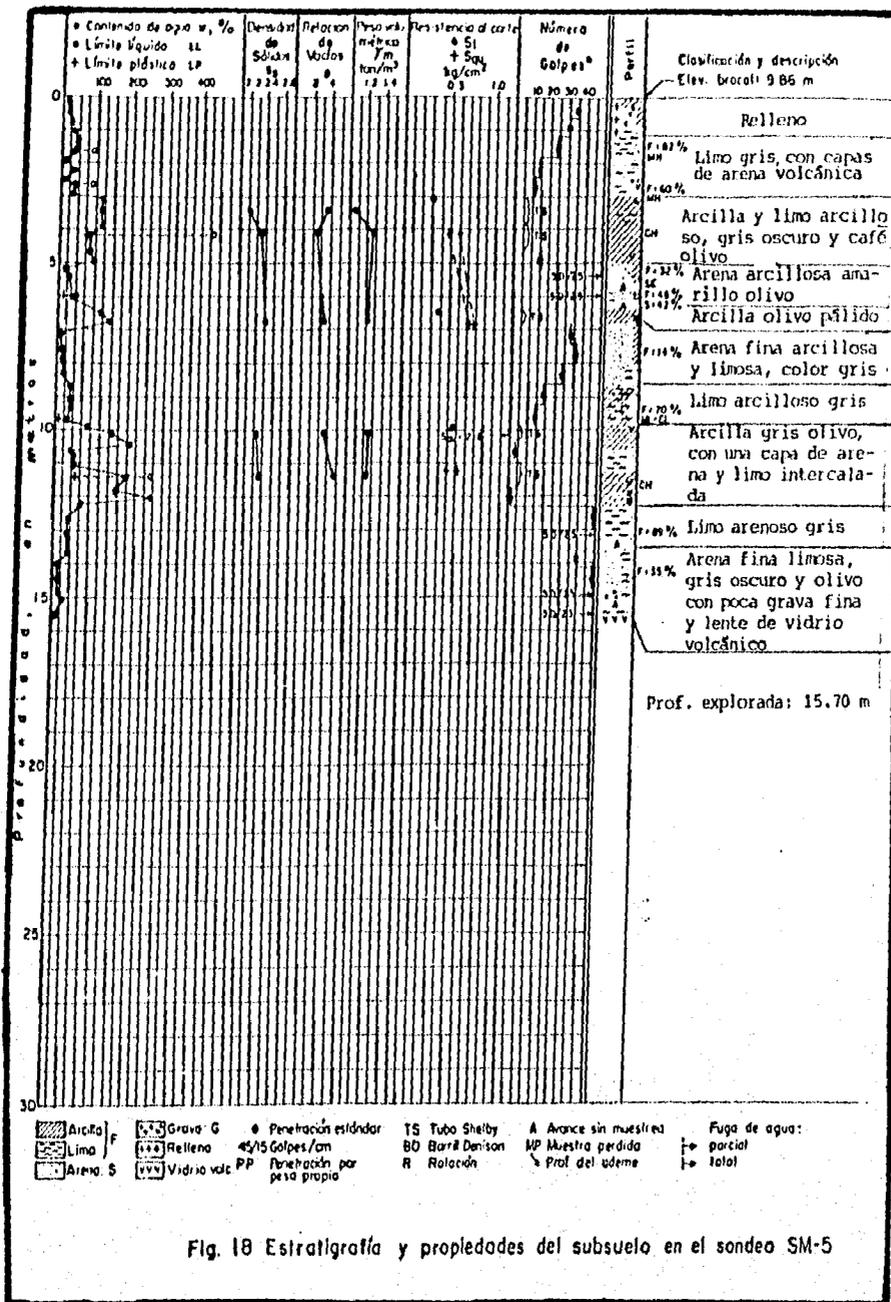
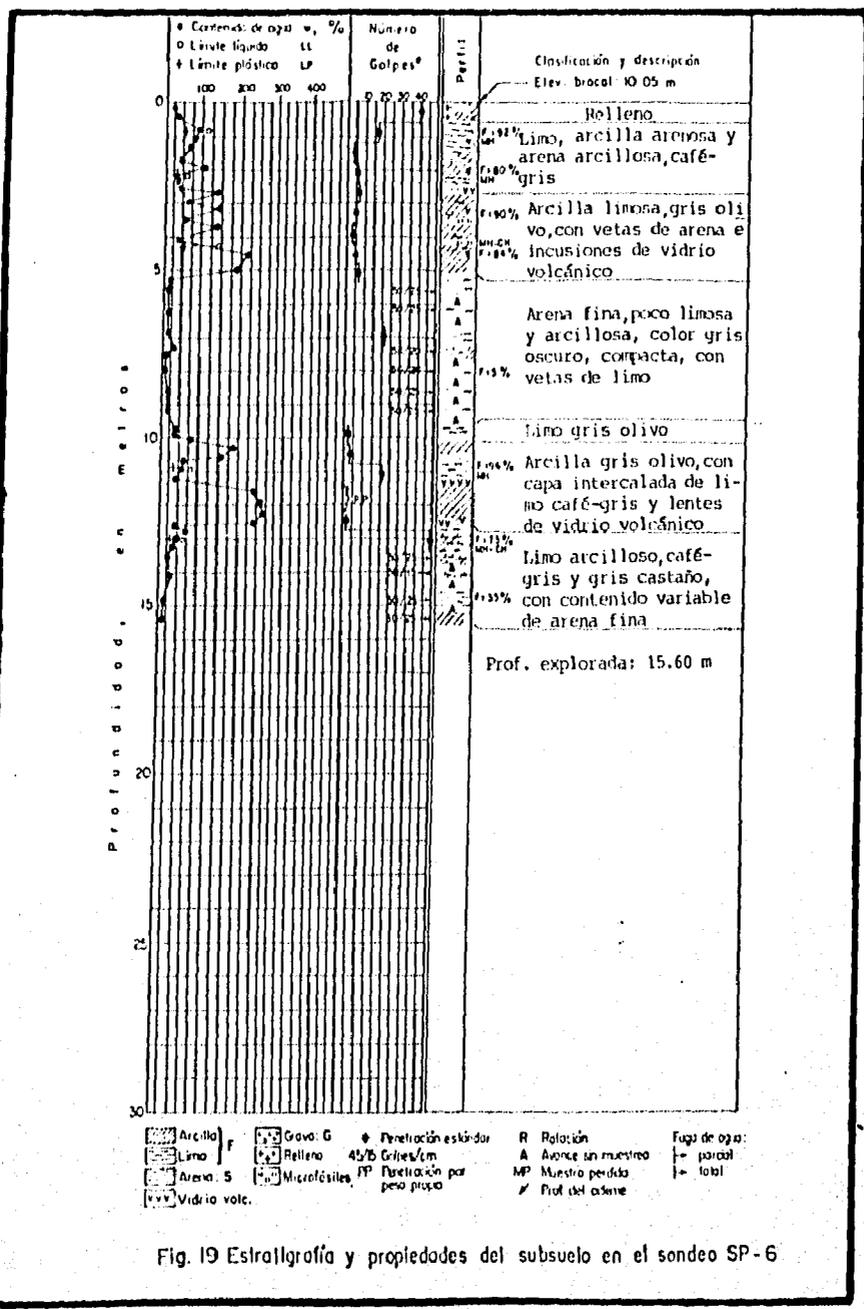


Fig. 18 Estratigrafía y propiedades del subsuelo en el sondeo SM-5



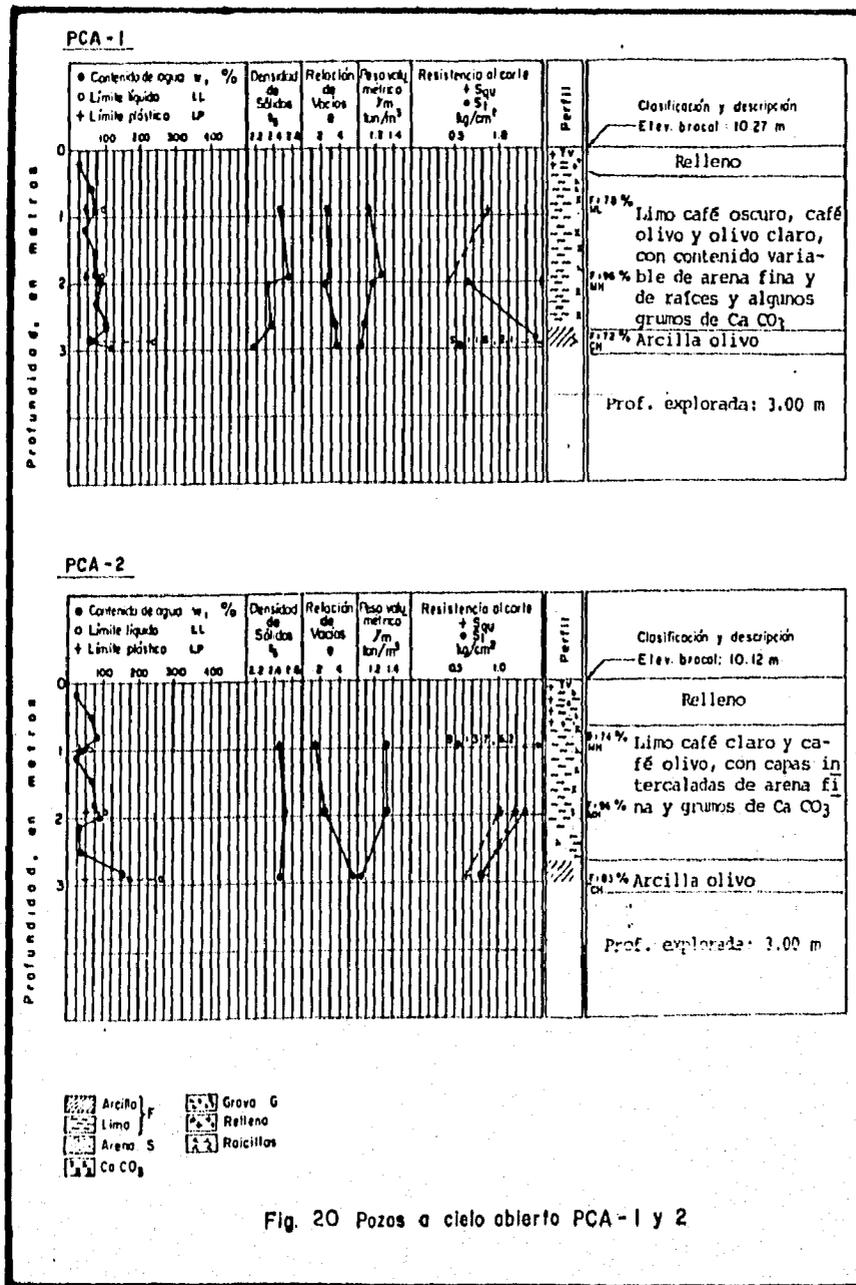
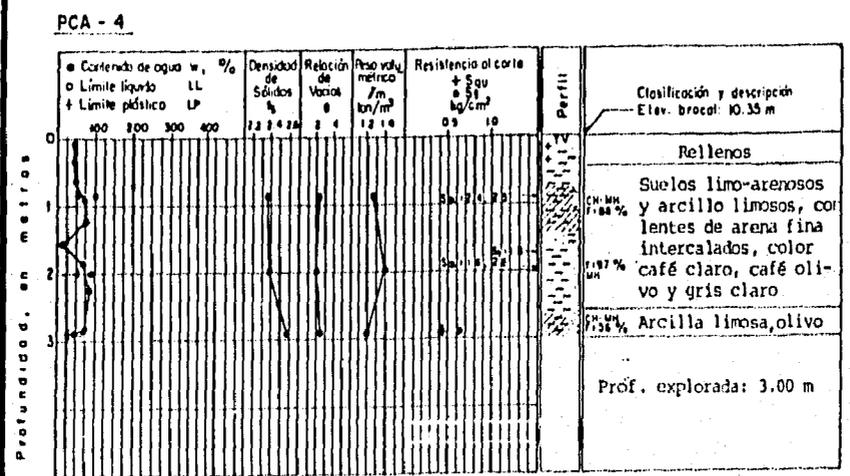
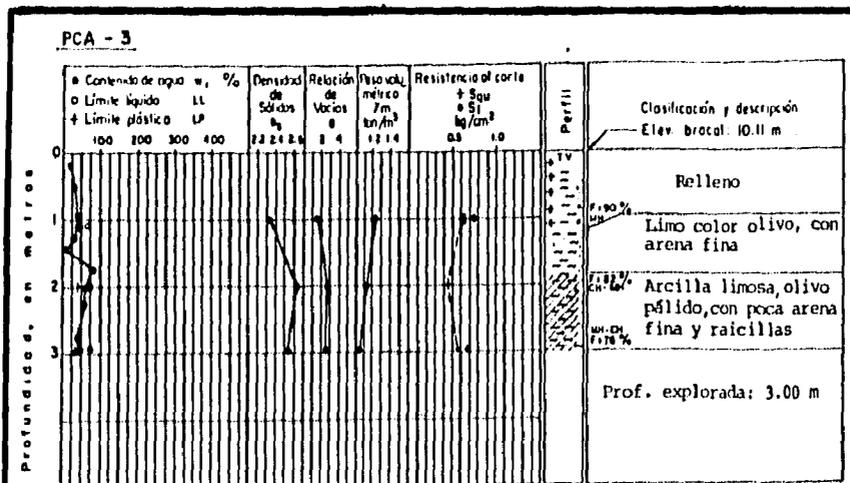


Fig. 20 Pozos a cielo abierto PCA-1 y 2



- Arcilla F
- Limo L
- Arena S
- Grava G
- Raicillas R
- CaCO<sub>3</sub>

Fig. 21 Pozos o cielo abierto PCA-3 y 4

SONDEO	PROF. (m)	S <sub>u</sub>	W <sub>l</sub> %	e <sub>l</sub>	G <sub>l</sub> %
SM-2	4.30	2.31	195	4.83	93

Descripción: Arcilla gris olivo

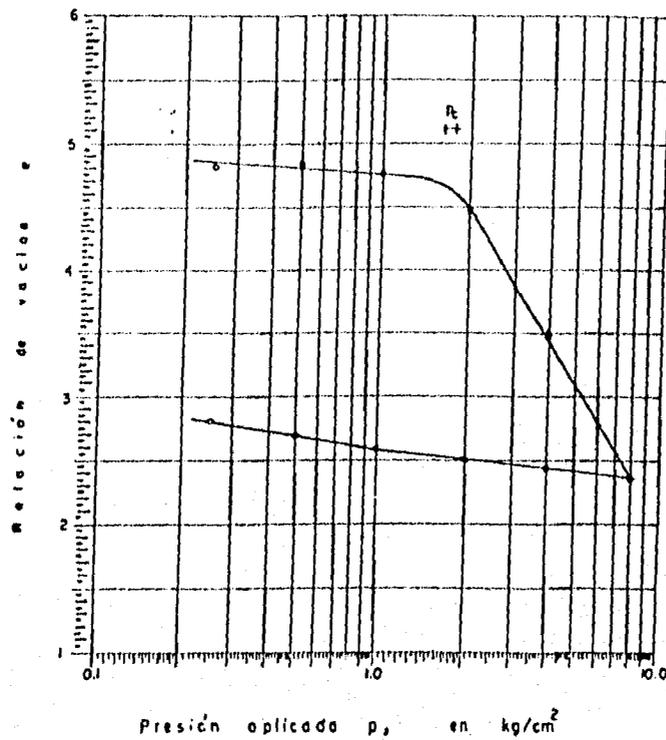


Fig. 22 Curva de compresibilidad

SONDEO	PROF. (m)	S <sub>1</sub>	W <sub>1</sub> %	e <sub>1</sub>	G <sub>1</sub> %
5M-2	11.45	2.44	40	0.95	100

Descripción: Limo gris claro

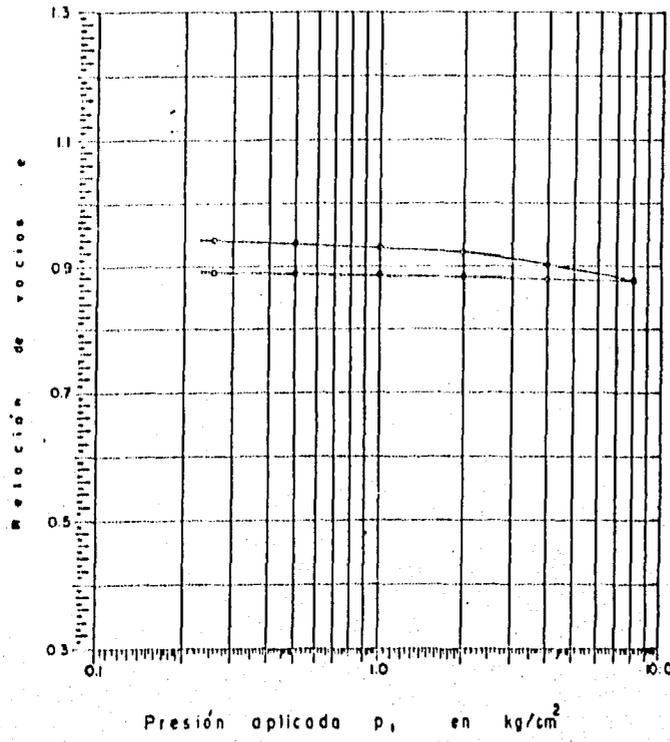


Fig. 23 Curva de compresibilidad

SDNDEO	PROF (m)	$s_u$	W <sub>L</sub> %	$e_1$	GI %
SM-3	4.65	2.51	318	8.33	96

Descripción: Arcilla café olivo

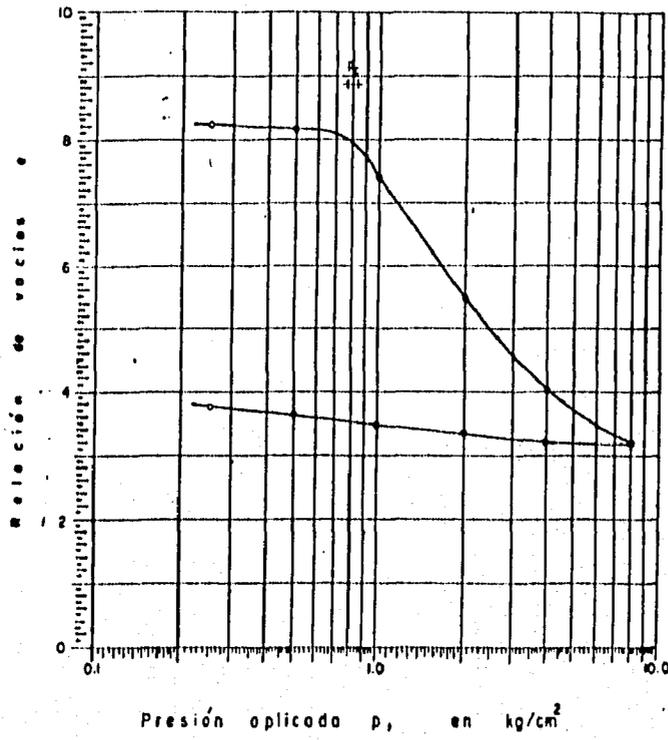


Fig. 24 Curva de compresibilidad

SONDEO	PROF. (m)	$s_v$	$w_l$ %	$e_l$	$G_l$ %
SM-3	12.80	2.26	334	7.49	100

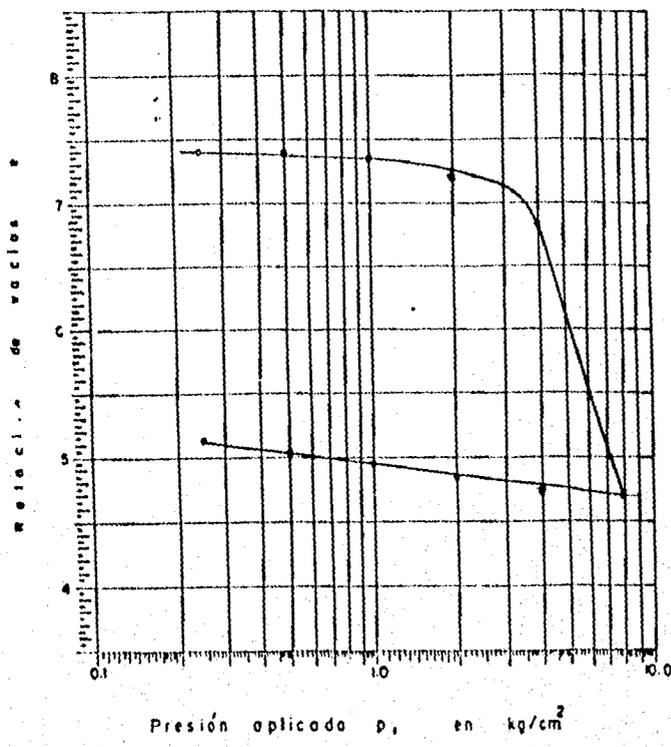


Fig. 25 Curva de compresibilidad

SONDEO	PROF. (m)	$s_u$	Wl %	$e_l$	GI %
SM-5	3.85	2.33	121	3.30	B6

Descripción: Arcilla olivo con grumos de vidrio volcánico

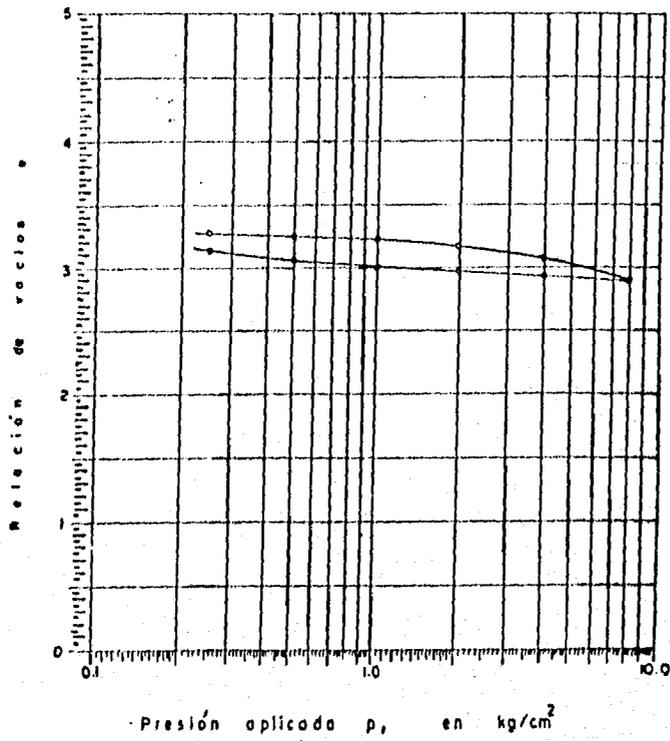


Fig. 26 Curva de compresibilidad

SONDEO	PROF. (m)	S <sub>u</sub>	w <sub>l</sub> %	e <sub>l</sub>	G <sub>l</sub> %
SM-5	11.45	2.43	224	5.53	96.2

Descripción: Arcilla gris verde

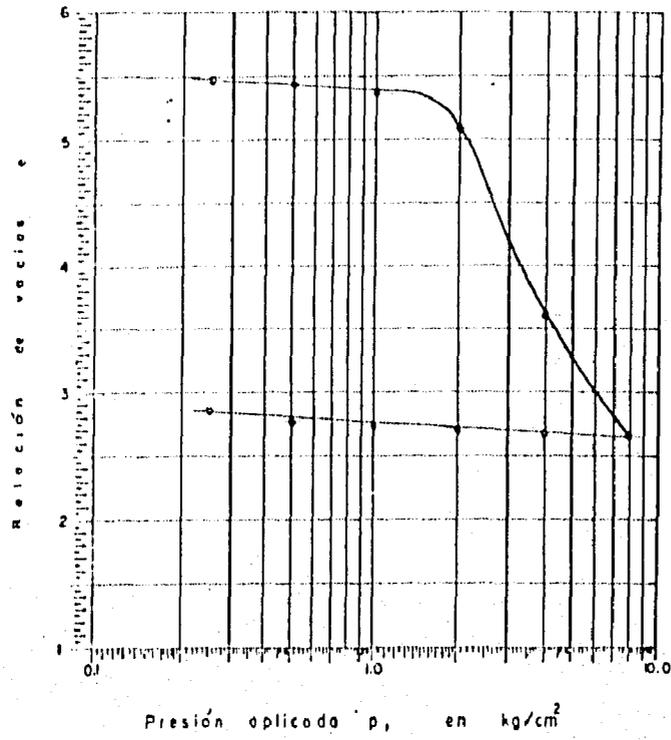


Fig. 27 Curva de compresibilidad

Sondeo SM-3 ; Profundidad: 4.30 m

Prueba de compresión triaxial: no consolidada no drenada

Próbeto	$\sigma_{m1}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_2$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_1$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$S_p$	$e_1$	$e_2$	$W_1$ %	$W_2$ %	$G_1$ %	$G_2$ %
1	0.125	0.65	4.1	16	2.33	6.15	-	254	-	96	-
2	0.250	0.79	4.8	22	2.33	5.46	-	237	-	100	-
3	1.000	1.68	5.3	21	2.33	5.31	-	229	-	100	-

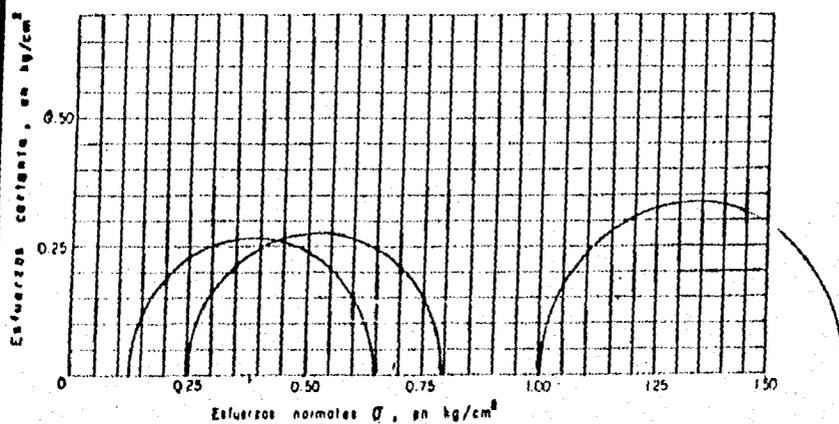


Fig. 28 Diagrama de Mohr

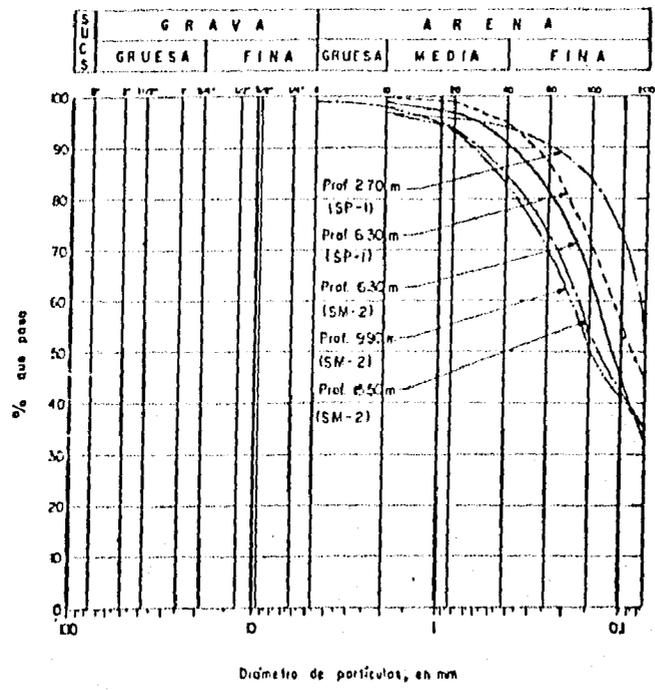


Fig. 29 Curvas de distribución granulométrica. Muestras de los sondeos SP-1 y SM-2

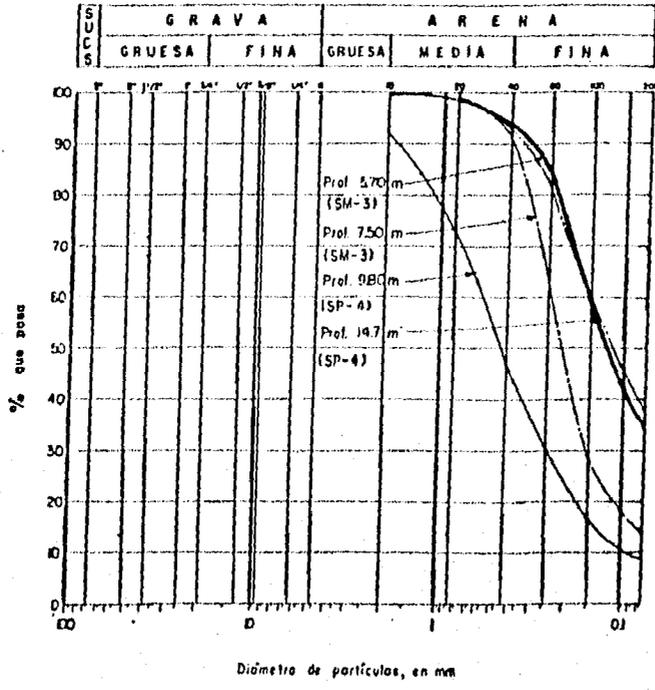


Fig. 30 Curvas de distribución granulométrica. Muestras de los sondeos SM-3 y SP-4

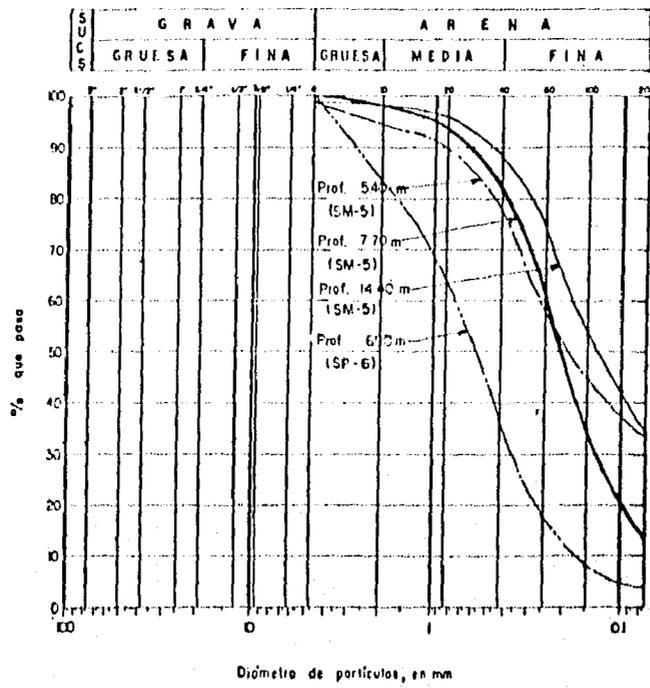
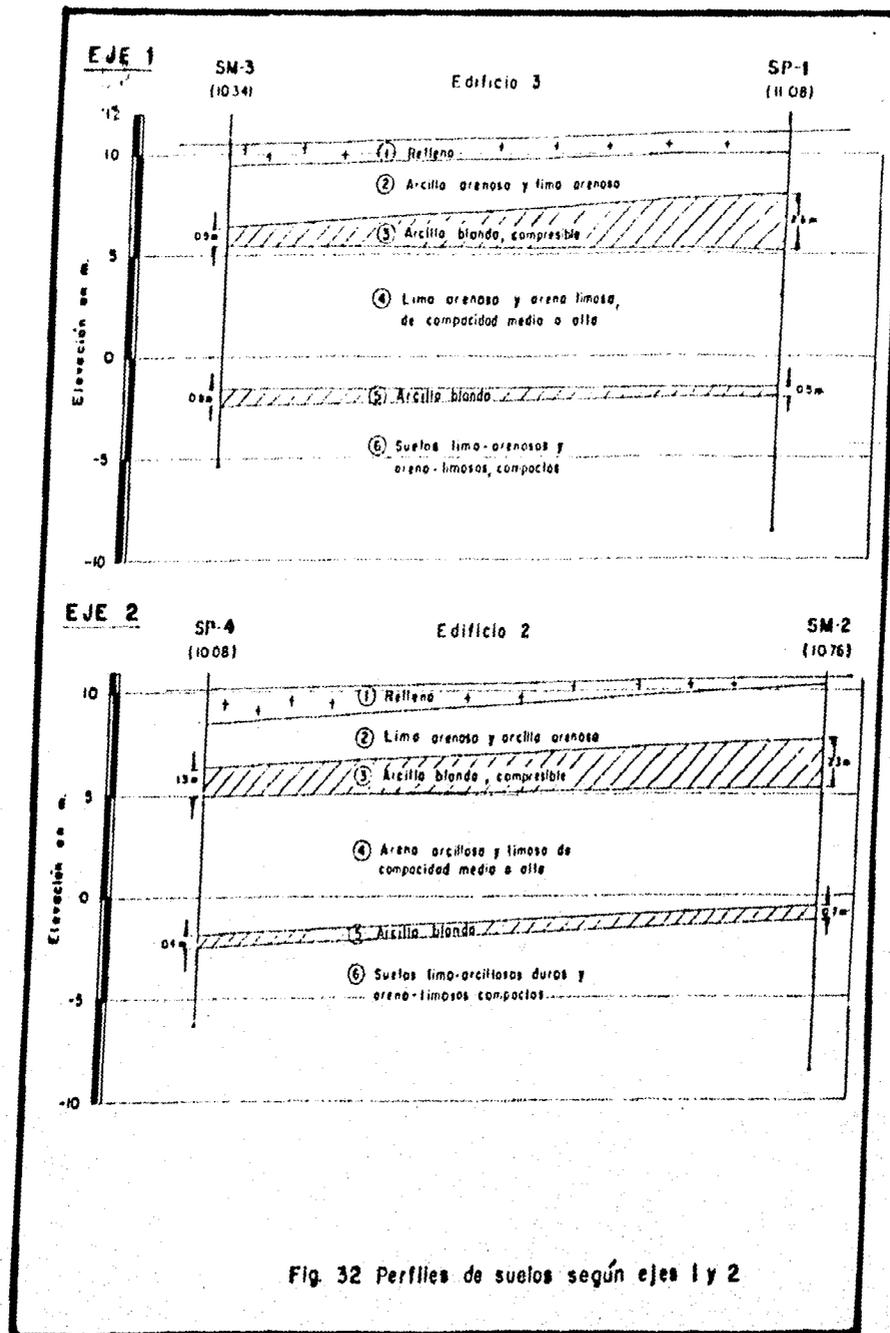
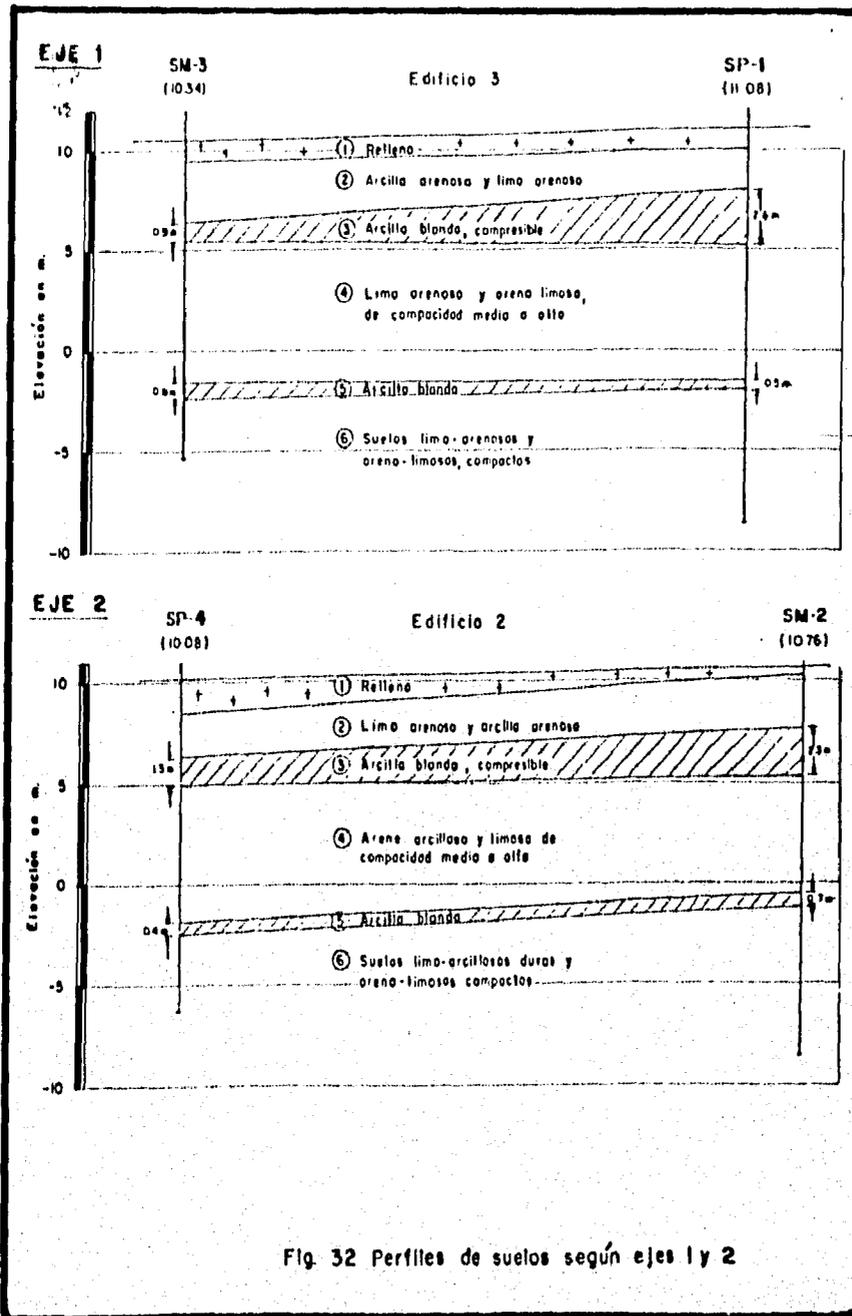


Fig. 31 Curvas de distribución granulométrica. Muestras de los sondeos SM-5 y SP-6





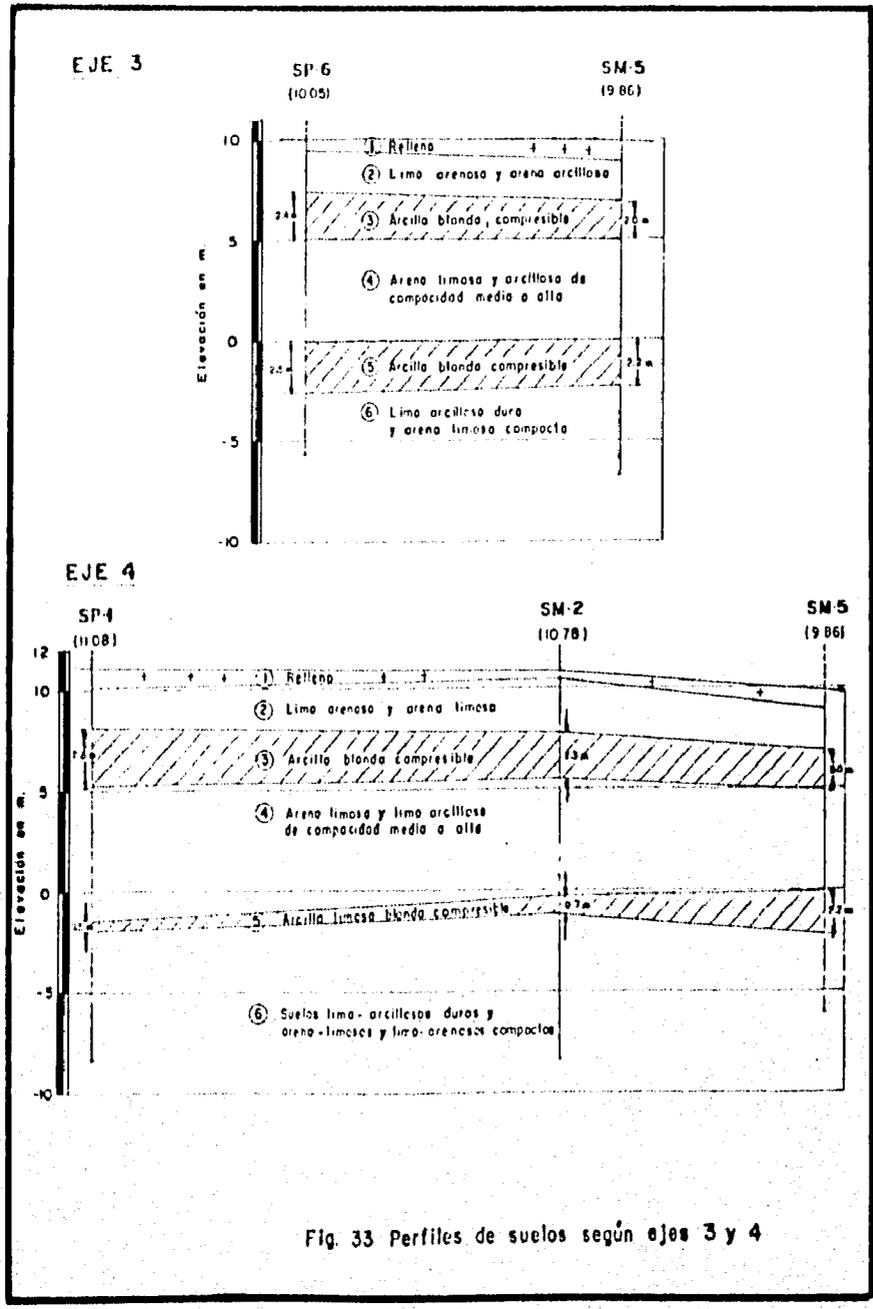
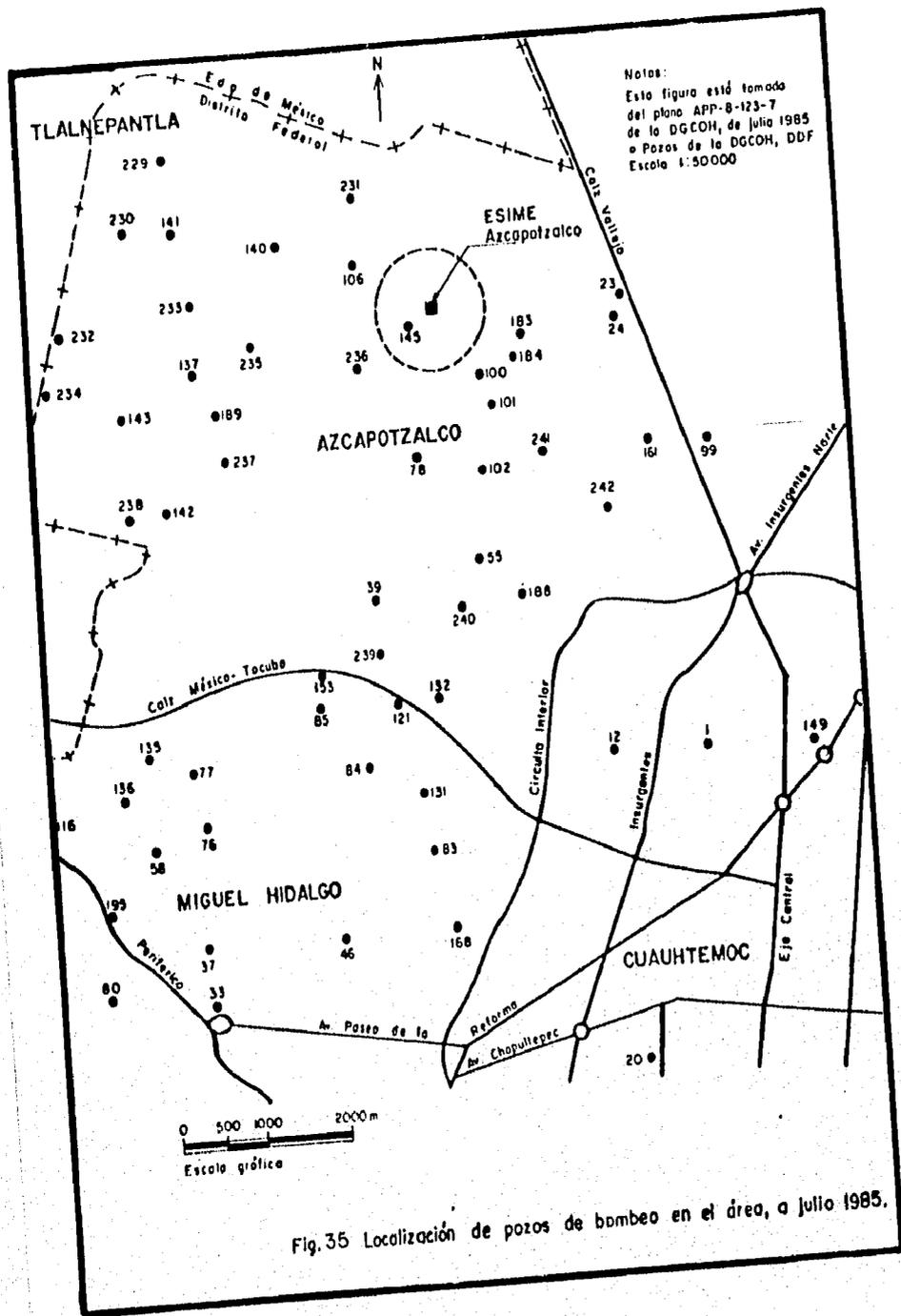


Fig. 33 Perfiles de suelos según ejes 3 y 4





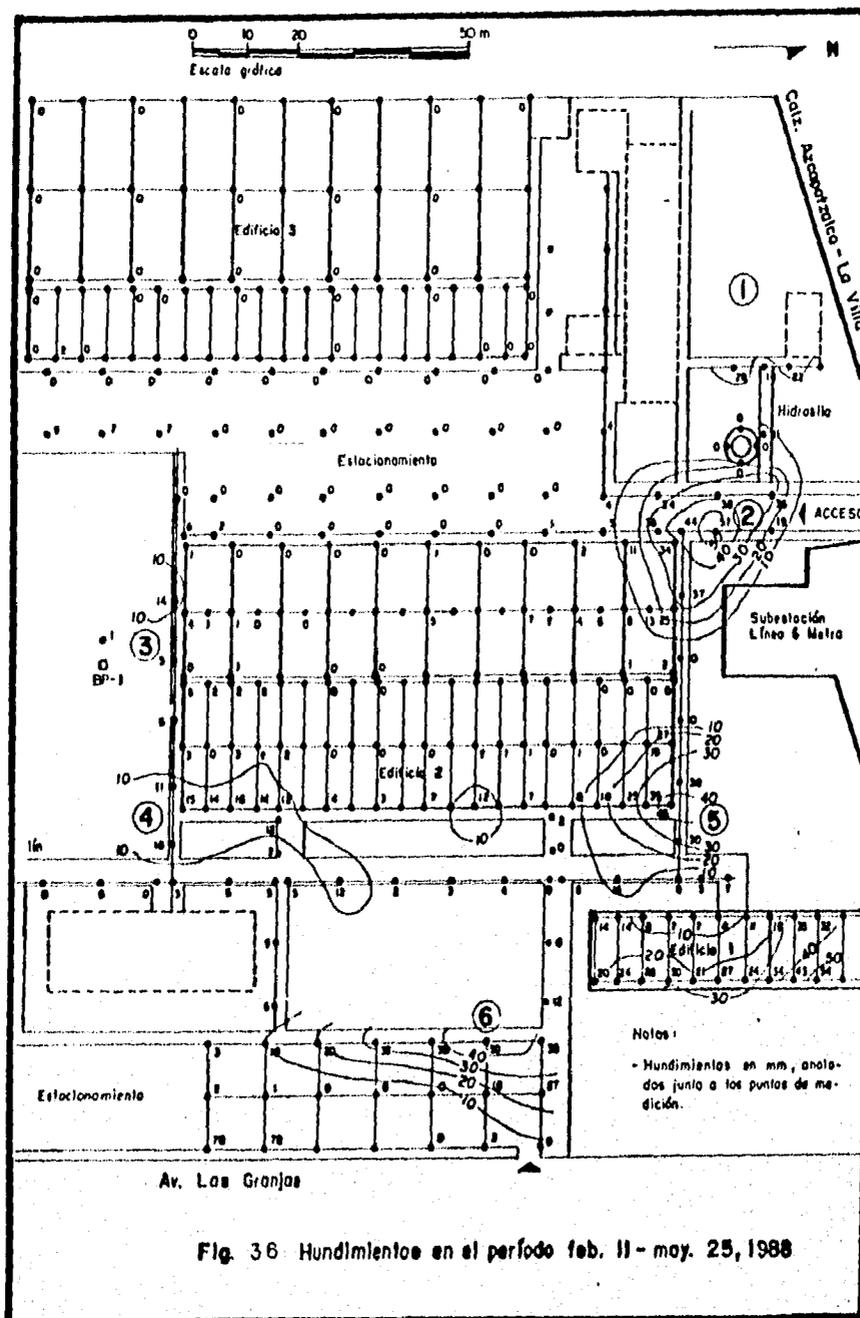


Fig. 36 Hundimientos en el período feb. 11 - may. 25, 1988

**CAPITULO II**

**GENERALIDADES Y CARACTERISTICAS  
DEL PILOTE DE CONTROL**

**II.1.- EL PILOTE COMO  
SISTEMA DE CIMENTACION.**

**II.2.- EL PILOTE DE CONTROL COMO SOLUCION  
A LOS PROBLEMAS INHERENTES  
DEL PILOTE DE PUNTA.**

**II.3.- PARTES Y FUNCIONES DEL DISPOSITIVO  
DEL PILOTE DE CONTROL.**

## CAPITULO II

### GENERALIDADES Y CARACTERISTICAS EL PILOTE DE CONTROL.

#### II.1 EL PILOTE COMO SISTEMA DE CIMENTACION.

Las referencias históricas relativas a la construcción en la ciudad de México durante la época de la Colonia, revelan que se tropezó con serias dificultades para cimentar edificios pesados. Parece que después de varios intentos fallidos, los ingenieros de ese tiempo optaron por asentar las obras importantes principalmente iglesias, en conjunto de estacones de madera, de 4 ó 5 m de longitud, dispuestos bajo muros de carga.

Durante el siglo pasado se tendió a la edificación uniforme, de 3 a 4 pisos, cimentada sobre zapatas bajo muros; la ciudad se extiende rápidamente en superficie, más bien que en altura.

La construcción del Palacio de Bellas Artes y del Monumento a la Independencia marcan nuevas orientaciones al comenzar el presente siglo; se ensayan el uso de una losa apertada como basamento del primero y pilotes largos de madera en el segundo caso.

Las condiciones del suelo no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda. Por lo que es preciso buscar terrenos de apoyo más resistentes a mayores profundidades; a veces éstos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone,

contando con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande de suelo, por lo que se hace necesario recurrir al uso de cimentaciones profundas.

Los elementos que forman las cimentaciones profundas que hoy se utilizan más frecuentemente se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o lado, según sean de sección recta, circular o rectangular, que son las más comunes.

Los elementos muy esbeltos, con dimensiones transversales del orden comprendido entre 0.30 m y 1.0 m se denominan pilotes. A pesar del amplio rango de dimensiones que se indicó, la inmensa mayoría de los pilotes de uso tiene diámetros o anchos comprendidos entre los 0.30 m y 0.60 m.; pueden ser de madera, concreto o acero.

Los elementos cuyo ancho sobrepasan 1.0 m pero no excede del doble de ese valor suelen llamarse pilas. Sin embargo, no se ha establecido hasta hoy una distinción definida entre pilas y pilotes y el criterio anterior tiene el único mérito de ser seguido por un cierto número de especialistas. Para otros, una pila es simplemente un elemento que, trabajando exactamente igual que una zapata, transmite cargas a mayor profundidad que la que suele considerarse en aquellas; según otros especialistas un elemento es pila cuando la relación profundidad a ancho es 4 o mayor, en tanto que para una zapata suelen considerarse relaciones del orden de 1.

Existen otros elementos de mayor sección a los que se les da el nombre de cilindros, cuando son de esa forma geométrica o cajones de cimentación, cuando son paralelepípedos. Los diámetros de los primeros suelen oscilar entre 3.0 y 6.0 m., se construyen huecos para ahorro de materiales y disminución de peso, con tapón en su punta y siempre se hacen de concreto. Los cajones tienen anchos similares, son huecos por la misma razón y se construyen con el mismo material.

En la figura H.1 se ilustran esquemáticamente los tipos de cimentaciones profundas.

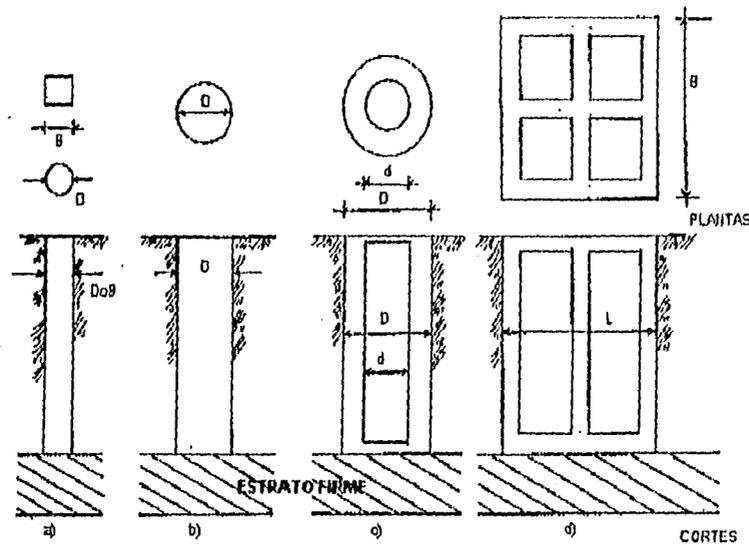


Figura No. II.1 Tipos de cimentaciones Profundas.

- a) Pilote
- b) Pila
- c) Cilindro (corte)
- d) Cajón de 4 celdas (corte)

El Pilote como sistema de cimentación es requerido para:

- 1.- Transmitir las cargas de una estructura a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente, que garantice el apoyo adecuado. La forma de trabajo de estos pilotes podrá visualizarse como similar a la de las columnas de una estructura.

- 2.- Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre el suelo y el pilote.
- 3.- Compactar suelos granulares, con fines de generación de capacidad de carga. Este uso de los pilotes en realidad está fuera del campo de las cimentaciones.
- 4.- Proporcionar el debido anclaje lateral a ciertas estructuras (como lablaestacas, por ejemplo) o resistir las fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas (como en el caso de un puente). En estos casos es frecuente recurrir a pilotes inclinados.
- 5.- Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volcadura o cualquier efecto que trate de levantar la estructura. Estos son pilotes de tensión.
- 6.- Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión, socavaciones u otros efectos nocivos.
- 7.- Proteger estructuras marítimas, tales como muelles, atracaderos, etc., contra el impacto de barcos u objetos flotantes.

Los pilotes pueden ser diseñados para cumplir dos o más de las funciones anteriores.

Desde el punto de vista de su forma de trabajo, los pilotes se clasifican en: de punta, de fricción y mixtos. Los pilotes de punta desarrollan una capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente. Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la fricción lateral que ejercen contra el suelo que los rodea. Los pilotes mixtos aprovechan a la vez estos dos efectos.

Los pilotes pueden ser de madera, de concreto, de acero o de una combinación de estos materiales. Los pilotes de madera ya se usan muy raramente en trabajos de importancia y han quedado prácticamente circunscritos a estructuras provisionales o a funciones de compactación de arenas. Los pilotes de concreto son los más ampliamente usados en la actualidad; puede ser de concreto reforzado común o presforzado; aunque en su mayoría son de sección llena, se ha desarrollado bastante el uso de pilotes huecos, de menor peso. Los pilotes de acero son de gran utilidad en aquellos casos en que la hincada de los pilotes de concreto se dificulte por la relativa

resistencia del suelo, pues tiene mayor resistencia a los golpes de un martinete hincador y mayor facilidad de penetración; suelen usarse secciones H o secciones tubulares, con tapón en la punta o sin él.

Los procedimientos de construcción y de colocación de los pilotes de concreto pueden ser prefabricados e hincados a golpes o a presión o colados en el lugar, en una excavación realizada previamente a la construcción del pilote.

## **11.2 EL PILOTE DE CONTROL COMO SOLUCION A LOS PROBLEMAS INHERENTES DEL PILOTE DE PUNTA.**

Un problema muy común en las cimentaciones piloteadas con pilotes de punta, cuando se presenta una estratigrafía básicamente formada por un cierto espesor compresible, subyacente por el estrato resistente de apoyo y cuando dicho manto compresible tiende a disminuir de espesor por algún proceso de consolidación inducido; el caso de la ciudad de México es típico, pues en ella existe un estrato de apoyo a profundidades del orden de los 30 m arriba del cual las formaciones arcillosas muy compresibles, se consolidan por efecto del intenso bombeo que para obtención de agua potable se realiza en los estratos acuíferos.

Los pilotes de punta apoyados en un estrato no consolidable y resistente permanecen comparativamente fijos respecto a los suelos blandos que se enjuntan, tendiendo a bajar a lo largo de su fuste. Esta tendencia induce esfuerzos de fricción en el fuste de los pilotes que por ser en sentido descendente, sobrecargan a éstos al colgarse materialmente el suelo circunvecino de los pilotes. Si estas cargas no han sido tomadas en cuenta en el diseño, pueden producir el colapso del pilote por penetración en el estrato resistente. Este es el fenómeno de fricción negativa en los pilotes de punta. En el mejor de los casos, es decir, cuando los pilotes aguantan la sobrecarga, la estructura apoyada sobre los pilotes parece emerger sobre la superficie del terreno, con lo que fácilmente producirá daños a las estructuras vecinas, (fig. 11.2).

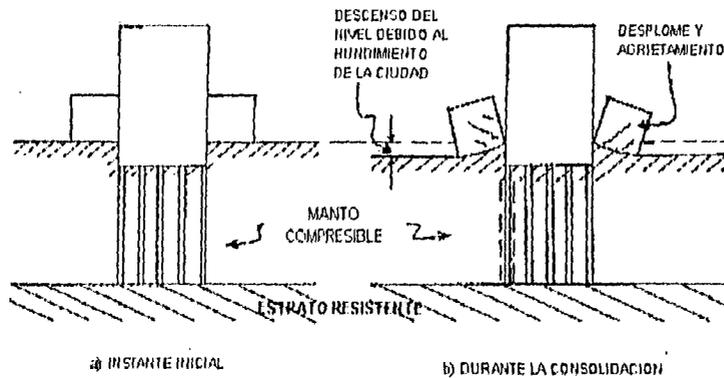


Fig. 11.2 Inducción de la fricción negativa a lo largo del fuste de pilotes de punta por consolidación de los estratos blandos.

Aun en el caso de que la fricción negativa no induzca falla y sea resistida, su efecto no deja de ser desfavorable, pues ocupa buena parte de la capacidad de carga del pilote, que está soportando al suelo circunvecino y no carga útil.

Es fácil ver que en una estructura piloteada con pilotes de punta, en la que se tenga el efecto de fricción negativa, un pilote de una zona interior de la cimentación podrá ser sobrecargado con un peso que sea como máximo igual al volumen de suelo tributario a dicho pilote. En un pilote de borde, sin embargo, la sobrecarga podrá ser mayor por razones obvias y este efecto puede aún acentuarse más en un pilote de esquina, teniéndose como límite únicamente el valor de la adherencia entre el suelo y pilote a lo largo de todo el fuste del mismo. Por ello, si el estrato resistente es susceptible de alguna cedencia, el pilote de esquina será el que más asentamientos pueda presentar, seguido de los de borde, quedando los mínimos hundimientos en la zonas interiores del área piloteada. Esto da lugar a una distribución de asentamientos opuesta a la que se tendría en una cimentación por superficie, flexible, bajo

carga uniforme. Si la cimentación tiene rigidez y los pilotes están sólidamente unidos a ella en su cabeza, el efecto diferencial de fricción negativa en las esquinas y bordes puede llegar a hacer que los pilotes en esas zonas trabajen a tensión en su parte superior.

Los efectos dañinos en las estructuras vecinas, la pérdida de capacidad de carga útil por fricción negativa y los peligros que entrañan la penetración diferencial de los pilotes en los estratos firmes, han hecho pensar en las soluciones que permitan manejar a los pilotes de punta superando estos problemas.

La primera solución que se ocurrió se trató simplemente de construir la cimentación de forma que los pilotes la atravesen libremente de modo que no haya ningún contacto o unión entre ambos elementos. La estructura se carga entonces directamente contra el suelo, el cual comenzará a ceder bajo su peso. Esta cedencia hace que el suelo accione sobre los pilotes por un mecanismo de fricción negativa, por lo que éstos toman por lo menos parcialmente la carga de la estructura, con la correspondiente disminución de las presiones efectivas en el suelo blando; así los pilotes originalmente separados de la cimentación llegan a trabajar con cargas importantes, haciendo además que los asentamientos de la estructura disminuyan grandemente.

Aunque el modo de trabajar de la cimentación anterior puede comprenderse fácilmente, cualitativamente hablando, la cuantificación de las cargas que tome cada pilote o la predicción de los asentamientos diferenciales de la estructura son muy poco seguras, si no imposibles de efectuar.

En algunas estructuras con este tipo de cimentación en la ciudad de México se ha observado de hecho un comportamiento bastante imprevisible, tanto en lo que se refiere a asentamientos diferenciales, como a penetraciones diferenciales en el estrato resistente.

La necesidad de controlar la carga en los pilotes y los asentamientos diferenciales y totales de la estructura llevaron al investigador Ing. Manuel González Flores, a su difundida idea de los pilotes de control. Estos son en esencia, pilotes de punta del tipo que atraviesa libremente la cimentación, sobre cuya cabeza se coloca un puente unido a la losa de cimentación de la estructura con tornillos de acero. La unión entre la cabeza del pilote y la viga del puente se establece con un dispositivo formado por superposiciones sucesivas de placas delgadas de acero y sistemas de cubos pequeños de una madera con características esfuerzo - deformación especiales, (fig. II.3).

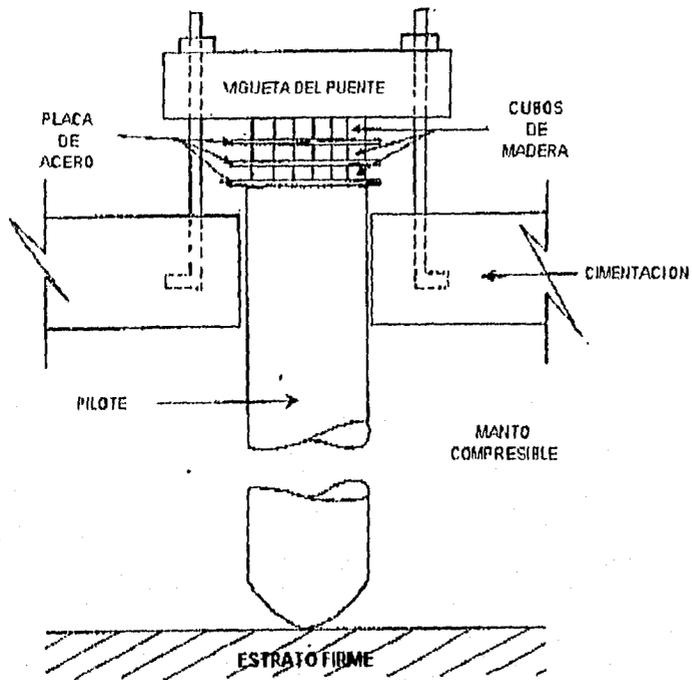


Fig. II.3. Esquema de un pilote con mecanismo para autocontrolar las cargas de los edificios.

El mecanismo del pilote de control tiene como finalidad hacer trabajar al pilote a la carga que se desee, siempre inferior a la carga de falla. Cada cubo de madera tiene una gráfica esfuerzo - deformación con un rango plástico amplio. Cuando se alcanza su carga de

falla plástica previamente determinada, puede garantizarse que el cubo está transmitiendo una cierta carga fija a la cabeza del pilote, para un amplio rango de deformación en el cubo.

De esta manera el sistema está sujeto a deformación, al cabo de un tiempo los cubos llegan al límite de deformación plástica, momento en el que habrá de modificar la posición de puente y cambiar los cubos de madera.

El objetivo fundamental de los pilotes de control es lograr que la estructura baje simultáneamente con la superficie del suelo. La carga transmitida por la estructura es tomada parte por el suelo y parte por los pilotes. Si la estructura tiende a bajar más aprisa de lo que lo hace la superficie del suelo, los pilotes se harán trabajar a mayor carga, aumentando el número de cubos por capa, con lo que se alivia la parte de carga transmitida directamente al suelo y se frena el descenso relativo de la estructura; recíprocamente si la estructura tiende a emerger respecto al terreno, los pilotes se harán trabajar a menor carga, disminuyendo el número de cubos de madera por capa, de modo que la estructura transmita más carga al suelo, con lo que su asentamiento se verá acelerado.

Si la estructura desciende de un modo no uniforme con asentamiento diferencial, las técnicas arriba descritas podrán aplicarse a diferentes zonas del área de cimentación con lo que es posible igualar los asentamientos.

La aplicación de las técnicas descritas exige un número de pilotes adecuado en la cimentación.

De esta manera, la utilización del pilote de control, inventiva y técnica desarrollada como se mencionó antes por el Ing. Manuel González Flores desde los años 50's, cuenta ya con una amplia aceptación, en virtud de los resultados obtenidos por todos estos años en los trabajos de cimentaciones, recimentaciones y renivelaciones de edificios, llevados a cabo por la empresa también fundada por el Ing. González Flores, Pilotes de Control S.A., antes Pilotes de Concreto S.A., empresa que cuenta con la patente del Pilote de Control.

En resumen pueden mencionarse a grosso modo los aspectos favorables que brinda el pilote de control:

- Evita que los edificios apoyados sobre pilotes de punta vayan sobresaliendo con respecto al nivel superficial del terreno, emergiendo sobre banquetas y calles.

- No permite también que al quedar fijos los pilotes con respecto al terreno que va descendiendo, se sobrecarguen con el terreno que les cuelga, efecto llamado *fricción negativa* en forma muy desigual, ya que el volumen de tierra que cuelga de los pilotes centrales, es inferior al volumen que se cuelga de los pilotes de la orilla y aún hay mayor diferencia con el volumen que se cuelga en los pilotes de las esquinas; el pilote de control evita la sobrecarga inútil y negativa de la arcilla al colgarse del pilote por que el edificio al descender horizontalmente, desplaza de los pilotes las cargas que por adherencia a ellos se producen, aprovechando esa fuerza de fricción en el soporte del edificio, transformando lo que era fricción negativa en los pilotes fijos, en positiva y útil para soportar el edificio.
- Al controlar las cargas del pilote de control se evitará la sobrecarga desigual entre pilotes interiores, de orilla y de esquina que provoca que los pilotes penetren en el estrato resistente un poco más en las orillas y en las esquinas que en el resto del edificio, causando en los edificios deformaciones y daños serios en su estructura, ya que con los pilotes de control las capas de arcilla permanecen horizontalmente conforme la cimentación las va desplazando y siempre una capa descansa en la inmediata inferior.
- No encontrándose el fenómeno en el cual el terreno se cuelga del pilote no existirá tampoco la formación de una loma circundando el edificio la cual inclinará a los edificios vecinos especialmente si son ligeros.
- Los pilotes de control ya no se encuentran abajo del edificio en donde era imposible conocer si la sobrecarga que tuviera por la fricción negativa, fuera ya peligrosa y que irremediablemente los podría dañar. El pilote de control se ubica donde puede ser inspeccionado para verificar su buen funcionamiento.
- Debido a razones ya mencionadas anteriormente, los edificios aun con pilote de punta pueden experimentar inclinación, al iniciarse ésta teniendo pilotes de control el edificio siempre podrá moverse al centro de gravedad de soporte de los pilotes, aumentando o disminuyendo la carga que ellos soportan en su cabeza. Además de que también puede el edificio bajar o subir respecto a los pilotes, haciéndolo descender al quitar carga en los pilotes o subirlo si se coloca un gato hidráulico entre el puente y los pilotes. De esta manera para enderezar un edificio basta maniobrar las cargas de los pilotes en el sitio ubicado en que se desee.

- El pilote de control se proyectó de manera que no queden nunca abajo de las trabes ni abajo de las columnas, sino a un lado, y que atraviesen la cimentación y sobresalgan encima de la losa colocando sobre la cabeza del pilote un puente y de los extremos del mismo tornillos que trabajarán como tirantes colgando la parte del edificio que se proyectó soportar.
- Debido a la heterogeneidad de la capa de apoyo donde se desplantan los pilotes aquí en la ciudad de México, hará que algunos puedan linearse con relativa facilidad en dicha capa y otros por el contrario con gran dificultad. Esto hace que los pilotes puedan trabajar a cargas muy distintas unos de otros, por esta diferencia teniendo en cuenta que los pilotes de control ya están atravesando la cimentación y que la carga la van a recibir a través de un puente en la cantidad que se desee, que se fija entre la cabeza del pilote y el puente donde se colocan unos "fusibles" de presión (cubos de madera), llamados "Celdas de Deformación", que hacen el trabajo de transmitir las carga conforme se van deformando.
- Con el pilote de control fácilmente se transfiere la carga que se encuentra sobre la cabeza del pilote al terreno que rodea, pues basta irlo descargando, recíprocamente se puede pasar la carga del terreno al pilote.
- El pilote de control deja siempre la posibilidad de mejorar o cambiar el tipo de pilote, mejorar el de fricción, alargando su longitud para aumentar su capacidad de carga o cambiarlo a pilote de control cuando se alarga hasta apoyarse, siendo entonces de punta.
- Colocándose los pilotes a un lado de las trabes, los pilotes de secciones o los descolgados de una pieza, se colocan siempre hasta después de que está construida la cimentación y el primer nivel, y se termina mientras se construyen los niveles siguientes, aprovechando para colocarlos y para la prueba de carga de los pilotes, el propio peso del edificio.
- El pilote de control puede colocarse, como ya se mencionó, casi simultáneamente con la construcción del edificio, pero además si existiera la posibilidad de necesitarse mayor número de pilotes posteriormente, éste brinda la facilidad de poder colocarse cuando el edificio esté totalmente terminado siempre que con anterioridad, se construyeran simultáneamente con la cimentación, preparaciones que alojarían a los futuros pilotes de control.

### II.3 PARTES Y FUNCIONES DEL DISPOSITIVO DEL PILOTE DE CONTROL.

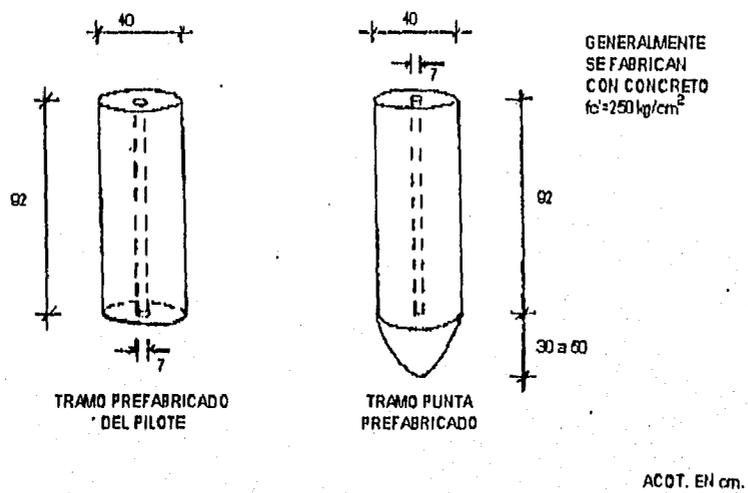
El mecanismo de control mediante el cual un pilote de control soporta y a su vez transmite las cargas en él inducidas hasta un estrato de suelo resistente es llamado también DISPOSITIVO DE CONTROL. Las partes o componentes que lo forman se mencionarán a continuación haciéndose notar que las características y dimensiones de éstas son particulares para los fines buscados en la solución del edificio en estudio de Auditorio de ESIME Azcapotzalco. Antes de enlistar las partes fundamentales del control mecánico es de importancia primordial detenerse y hacer una presentación descriptiva del pilote en sí, utilizado como pilote de control.

La característica del pilote utilizado en este caso, nos brinda la facilidad de poder ser fabricado y colocado ya estando la construcción del edificio total o parcialmente terminada, esta característica es la de un pilote prefabricado en tramos e hincado por medio de presión en una preexcavación o perforación denominada guía.

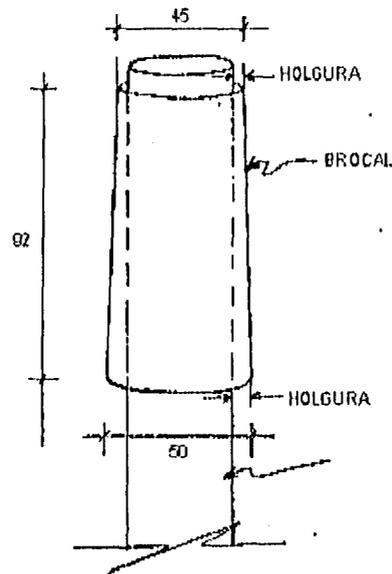
Para el edificio en cuestión fue elegido y proyectado un pilote construido por tramos prefabricados de concreto armado de dimensiones diámetro 40 cm x 92 cm de altura, provistos de un orificio de 7 cm  $\varnothing$  al centro y a todo lo largo de los tramos, éste último alojará acero de refuerzo y mortero que darán las conexiones o uniones entre tramos.

Además, el pilote estará previsto en el extremo inferior de un primer tramo denominado punta que contará con las mismas dimensiones en su diámetro, pero en su longitud contará con 30 ó 50 cm más que formarán la punta siendo este primer tramo de 1.22 ó 1.42 m.

Cabe mencionar que este pilote es particularmente fabricado expresamente para el edificio en estudio pues como ya se apuntó anteriormente el pilote puede tener una extensa variedad de dimensiones (de 25 cm a 70 cm  $\varnothing$ ) resaltando que la funcionalidad y el método de construcción es el mismo en cualquier caso.



El pilote de control funciona de manera que éste atraviese la cimentación libremente evitando que haya contacto entre cimentación y pilote. Un elemento fundamental que permite que esto ocurra es el llamado **BROCAL**, que es una pieza hecha a base de lámina calibre 24 de forma cónica que en este caso tendrá dimensiones de  $\varnothing$  mayor 50 cm., y menor 45 cm por una longitud de 90 cm. Este brocal formará el espacio requerido en la cimentación para que pueda pasar el pilote a través de ésta teniendo una holgura de 2.5 cm en el extremo superior y 5 cm en el inferior. Es colocado en el momento de construir la cimentación específicamente en la realización del colado de losas de cimentación.

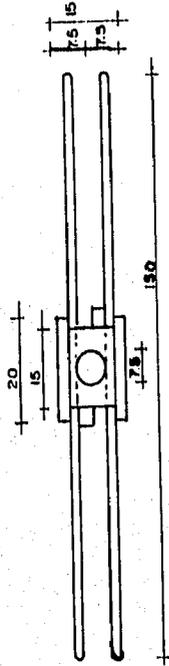


Los elementos de anclaje que unen al dispositivo de control con la cimentación del edificio son las llamadas ANCLAS TIPO "ARAÑA". En cada dispositivo se hace necesario contar con un par de ellas, son elementos metálicos fabricados a base de acero; placa de 1/2" de espesor y varilla de refuerzo de diámetros 3/4" y 5/8".

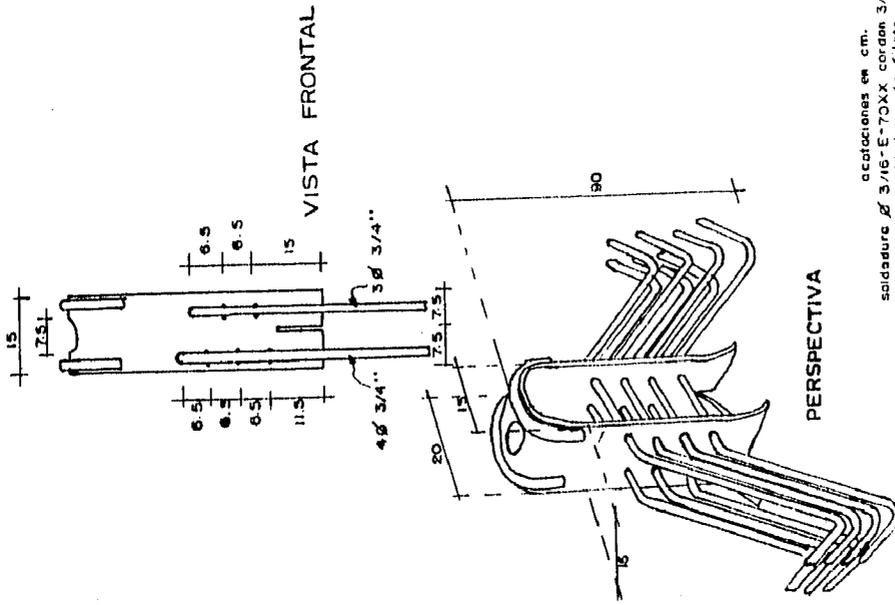
Estas anclas son coladas en la cimentación del edificio, en el caso de ser parte del proyecto inicial de éste en construcción nueva, si el caso representa una recimentación entonces deberán fabricar elementos estructurales adicionales que nos permitan vincularlas con la cimentación existente. Tanto en construcciones nuevas como en recimentaciones la formación de un "DADO" estructural formado generalmente de una ó 2 traveses que se unirán a la cimentación del inmueble alojará a las anclas, de esta manera las anclas transmitirán el peso del edificio al dispositivo de control.

A continuación se presentan figuras con las dimensiones y forma de las anclas que son particularmente para utilización en el edificio de estudio teniendo una capacidad de carga de 100 ton.

**ANCLAS "ARAÑA" TIPO**

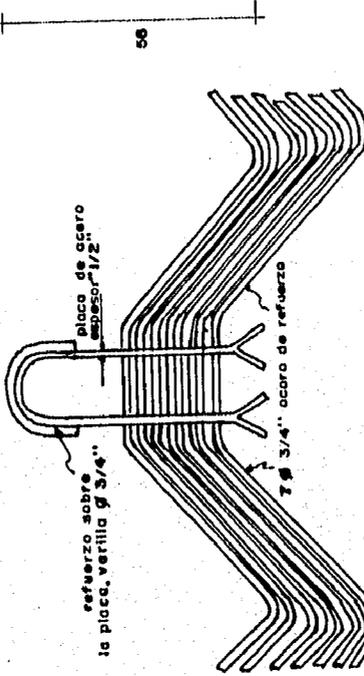


PLANTA



VISTA FRONTAL

PERSPECTIVA



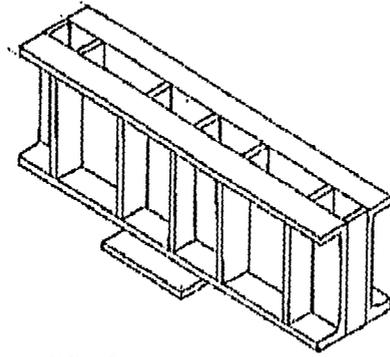
PERFIL

acotaciones en cm.  
soldadura 3/16" E-70XX cordón 3/4"  
de espesor soldadura de filete.

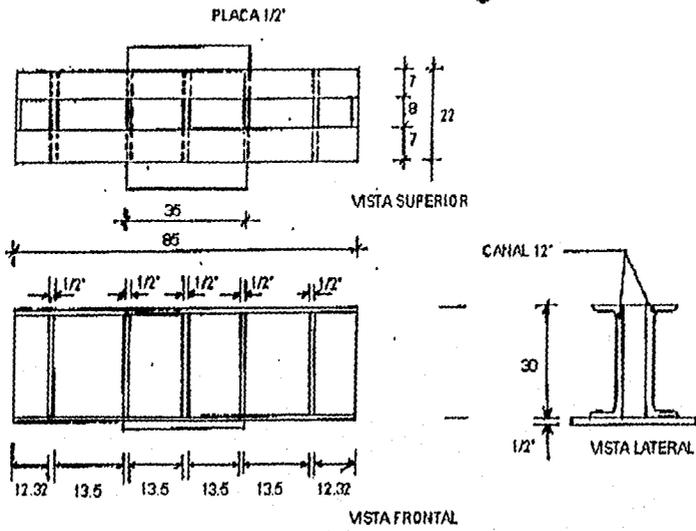
El puente metálico a que se hace mención en incisos anteriores que va ubicado en la cabeza del pilote de control se denomina "CABEZAL" fabricado a base de dos piezas de canal de acero colocadas en espalda con espalda con separación ligeramente mayor que el diámetro de los tornillos que la atraviesan y separadores llamados "Atizadores".

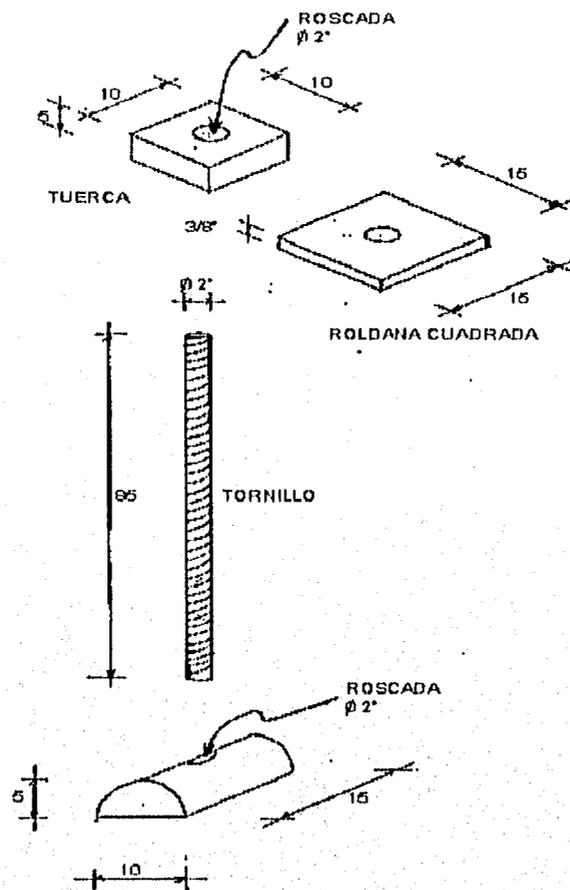
Este Cabezal transmite la carga que recibe, por medio de los tornillos que se detallarán posteriormente, a la cabeza del pilote teniendo una capacidad de 100 ton. La fig. de la página 70 lo detalla en dimensiones y forma utilizando acero estructural A-36, soldadura E-70XX.

Los elementos de liga entre cimentación y pilote lo forman, en la cimentación las anclas, y en el pilote el cabezal, éstos son unidos por los tornillos y tuercas, es decir los tornillos y las tuercas sujetan en sus extremos por un lado al ancla tipo araña que sustenta la cimentación del edificio y por otro, al cabezal que es soportado en la cabeza del pilote. El tornillo está formado por un "Espárrago" de acero colled rolled con cuerda en toda su longitud de 85 cm., en el dispositivo se toman por pares. En su extremo superior está provisto de una tuerca cuadrada de dimensiones 10 x 10 x 5 cm roscada para recibir la cuerda del tornillo con su respectiva roldana cuadrada de 15 x 15 cm fabricada con placa de acero de 3/8" de espesor con orificio central de 2 1/2" Ø. En el extremo inferior donde se sujetará al ancla tipo araña llevará una tuerca denominada MEDIA CAÑA, que por su forma particular coincide con la forma de la cabeza del ancla con dimensiones que se detallan en las figuras de la página 71.



CABEZAL



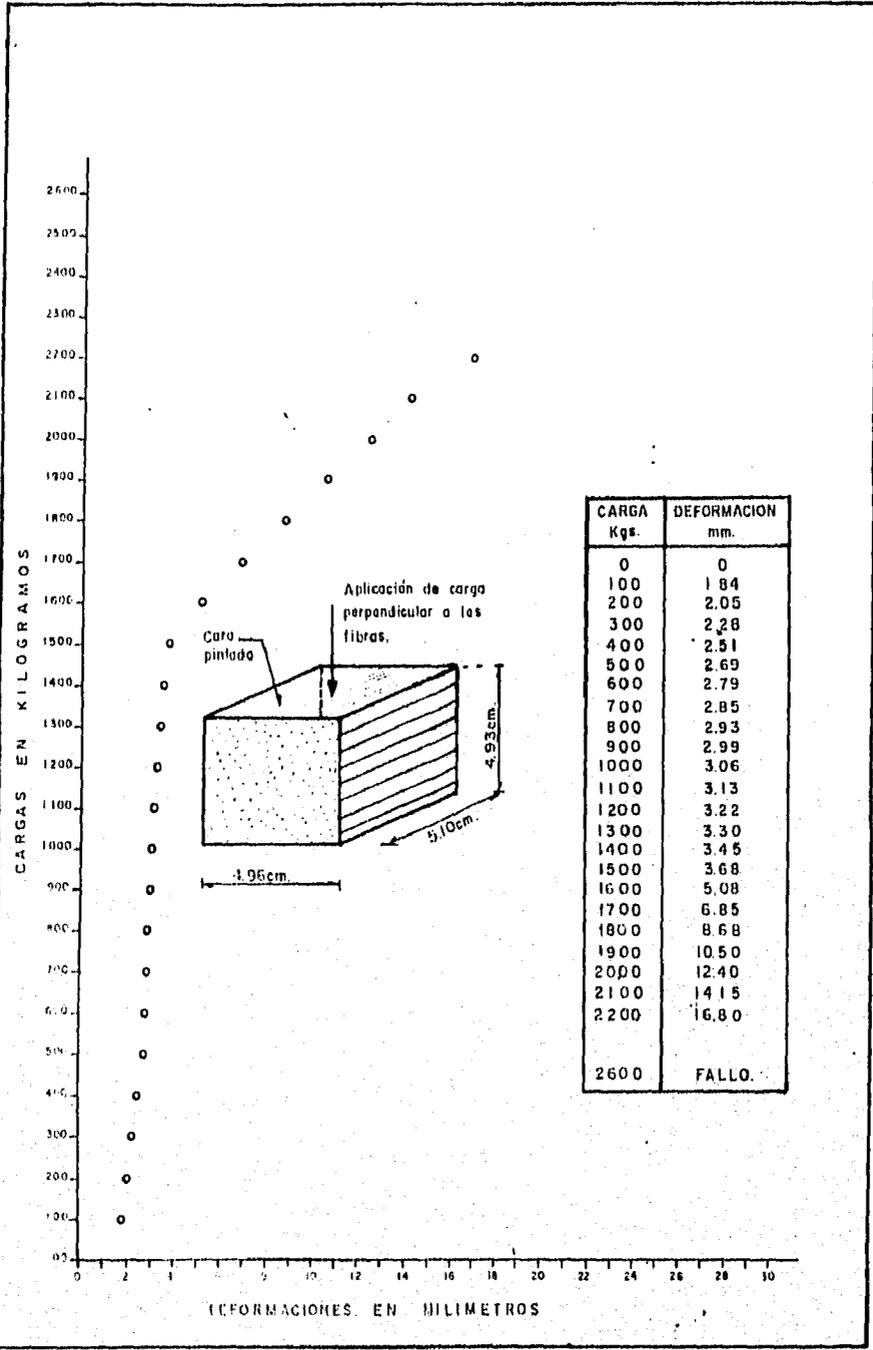


La característica por la que se denomina a un pilote como pilote de control es como su nombre lo indica, porque es controlable, es decir que se puede controlar las cargas transmitidas a los pilotes, esto se logra mediante la colocación de un material altamente deformable entre la cabeza del pilote y el puente metálico o cabezal. Este material resulta ser la madera y de forma particular la llamada caobilla o caoba que se utiliza por medio de cubos de dimensiones  $5 \times 5 \times 5$  cm, llamados "Celda de Deformación" que presentan la característica de que cuando se empiezan a deformar y han llegado a un límite plástico, aproximadamente de 1 a 3 mm continuarán deformándose hasta más de 2.5 cm., ya prácticamente sin aumentar la carga que viene soportando, además de transmitir una carga aproximada entre 2.5 y 3 ton. por pieza conforme se van deformando, mientras no han llegado a una deformación mayor de la mitad de su altura.

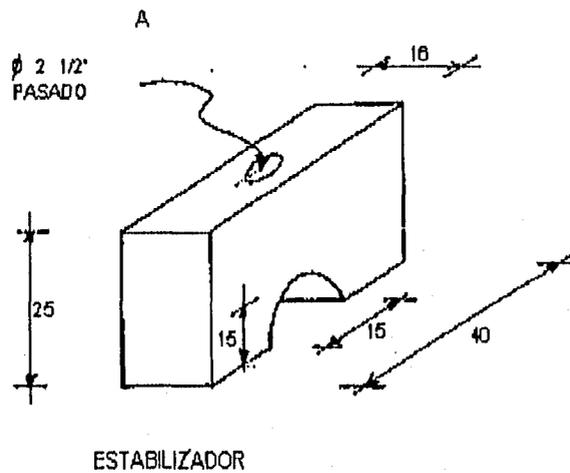
Con esta propiedad el pilote de control al llevar celdas de deformación no le permite subir la carga más de lo que pueden transmitir dichas celdas. De la misma manera la carga que soportará el pilote puede fijarse tal como se desee, bastando colocar un número de cubos por capa que en conjunto equivaldrán a la carga, tomando en cuenta la carga de falla por cada pieza.

Las celdas de deformación por lo anterior vienen funcionando como "fusibles" que nos indicarán el buen funcionamiento del pilote de control, y para lograr que intervenga el factor tiempo en este fenómeno, la colocación sistemática de las celdas se llevará a cabo por medio de superposiciones sucesivas de placas de lámina y capas de cubos hasta completar tres de éstas últimas, que como ya se dijo se ubicarán entre cabeza de pilote y el cabezal. Las placas de lámina serán de lámina galvanizada calibre No. 18.

Las propiedades mecánicas de la madera indicadas obedecen a las pruebas de compresión efectuadas en cubos de madera, cuidando que la fuerza aplicada fuera perpendicular a las fibras o vetas de la madera obteniéndose una gráfica Carga-Deformación que a continuación se presenta.



Por último, otro componente del dispositivo de control son los llamados ESTABILIZADORES, éstos son un par de piezas de concreto armado que se colocan sobre las cabezas de las anclas, son atravesados por los tornillos y sustentan los dos extremos del cabezal al cual proporcionan estabilidad y lo mantienen horizontal, ayudando con esto, que la cabeza del pilote permanezca fija y no se recargue en las paredes del dado al cual atraviesa.



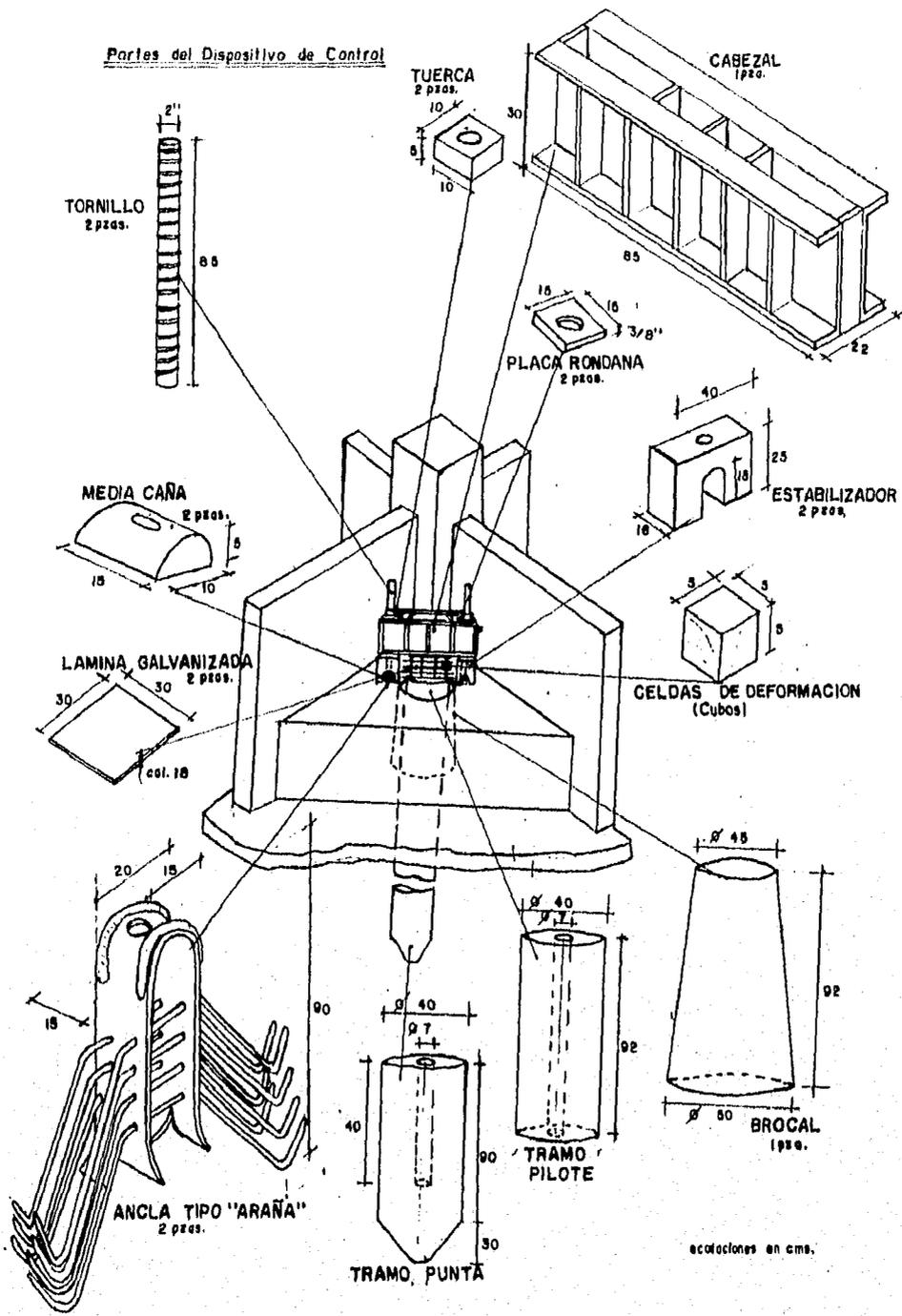
Resumiendo, todos los componentes que conforman al pilote de control en su conjunto son:

- Tramos y punta precolados que forman el pilote.
- Brincal que da paso al pilote a través del "DADO" en la cimentación .
- Anclas tipo araña que proporcionan el anclaje a la cimentación.
- Cabezal, Tornillos y Tuercas que transmiten la carga al pilote.

- Celdas de Deformación o cubos de madera que son el material deformable para poder controlar las cargas en el pilote.
- Y Estabilizadores que ayudan a mantener la posición del cabezal y por ende del pilote.

Todos y cada uno de ellos se muestran en la siguiente figura que los presenta en su conjunto dándonos una idea más precisa de las relaciones y funciones que guardan unos con respecto a otros.

Partes del Dispositivo de Control



## **CAPITULO III**

### **PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA RECIMENTACION Y LA REESTRUCTURACION**

#### **III.1.- RECIMENTACION**

#### **III.2.- REESTRUCTURACION**

## CAPITULO III

### PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA RECIMENTACION Y LA REESTRUCTURACION.

El edificio en estudio como se determinó en capítulos anteriores presenta una estructura con un desnivel importante y deformación longitudinal como consecuencia. La propuesta de solución se proyecta en una adecuación al Reglamento de Construcción del Departamento del Distrito Federal (3 de julio de 1987) y Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Estructuras (28 de octubre de 1987). Esta adecuación consiste en una rigidización a base de muros de concreto y trabes, y recimentación a base de pilotes de tipo controlable, a fin de aprovechar el hundimiento general de la zona para controlar la carga de los pilotes en la "cabeza" y recuperar niveles horizontales.

#### III.1 RECIMENTACION.

Los elementos que forman parte de la recimentación son:

**A)** Elementos estructurales denominados "cartabones" colocados a nivel de cimentación que darán apoyo y serán el arranque de los muros de rigidez. Estos serán en un número de ocho colocados por pares en los ejes A y B con intersección transversalmente con los ejes 2, 5, 8, y 11 (fig. III.1).

**B)** Elementos de apoyo de los pilotes denominados "DADOS" conformados por dos trabes de soporte y anclaje y una envolvente a base de anillos de forma trapecial. Estos dados se construirán por debajo de la cimentación existente ubicándolos uno por cada columna del edificio resultando veinticuatro en total de los cuales 8 serán preparaciones para futuros pilotes y 16 funcionarán con los pilotes que se construirán.

**C)** Como ya se mencionó en el inciso anterior la estructura se sustentará en una recimentación a base de 16 pilotes de control que soportarán al edificio apoyándose en un estrato resistente. Serán pilotes fabricados en tramos precolados de concreto reforzado hincados a base de presión en una perforación previa denominada gufa. Los pilotes contarán con el

dispositivo de control mediante el cual por medio de maniobras sistemáticas podrá efectuarse el movimiento del edificio a una posición más adecuada.

#### A) CARTABONES (Muros de Concreto)

Las estructuras de refuerzo en cimentación que dan arranque a los muros de rigidez son denominados cartabones. Estos son 8 estructuras de concreto reforzado que se anclan en el nacimiento de la cimentación existente, efectuando demoliciones en los nodos de su ubicación hasta descubrir el acero de refuerzo de contratraves existentes, y en éste poder anclar el acero del cartabón.

La figura III.1 ilustra en planta la ubicación de los cartabones así como los muros de rigidez ubicados en ejes 2, 5, 8, y 11 respectivamente, y el acero principal de refuerzo de ésta estructura de rigidez.

El procedimiento para construcción de estos cartabones es el siguiente:

1.- Realización de una excavación por debajo del volado existente en la losa piso de P.B. del edificio hasta llegar al nivel inferior de la cimentación ubicando los nodos de anclaje del desplante del cartabón.

2.- Efectuar la demolición ya citada para anclaje del acero de refuerzo del cartabón.

3.- Realizar el armado de acero del cartabón para lo cual en virtud de que se utilizarán varillas de diámetro de 1" y la configuración de anclaje según la figura III.1 es de gran dificultad, este anclaje se realizará por partes siendo necesario la utilización de soldadura para la perfecta unión de las partes que forman el anclaje de varilla de 1"Ø. Además de este acero principal se adicionó acero por temperatura y como complemento para configurar la forma de cartabón siendo estos diámetros de 1/2" y 3/8" mostrados en la figura III.2.

4.- Una vez realizado el armado se procede al cimbrado de cartabón en donde la cimbra se construyó de manera que resistiera las acciones a que pudiera estar sujeta durante la construcción, incluyendo las fuerzas causadas por la compactación y vibrado del concreto. Debiendo ser lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones excesivas, vigilando su geometría en dimensiones y contraflechas.

5.- Una vez colocada la cimbra debidamente limpiada, humedecida y cubierta con lubricante, se procedió al colado realizado con concreto hecho en obra con resistencia especificada de  $f'c=250 \text{ kg./cm}^2$  realizando las pruebas reglamentarias de revenimiento en el caso de concreto fresco y para el concreto endurecido corresponde la prueba de resistencia a compresión de cilindros previamente fabricados durante el colado. Para asegurar la ausencia

de huecos se tendrá que realizar el vibrado del concreto por medio mecánico con ayuda del vibrador eléctrico o de gasolina.

#### B) "DADOS" De Apoyo de los Pilotes.

Para la recimentación del edificio por medio de pilotes de control se hace necesario la construcción de estructuras que nos brinden la liga entre el pilote y la cimentación existente, el nombre con el que se le denomina a esta estructura es "DADO de apoyo estructural" o simplemente "DADO". El diseño particular del dado de apoyo para este edificio específicamente consiste de dos traveses de soporte y anclaje CT-1 y CT-2, de dimensiones a concreto terminado de 20 x 80 cm fabricadas de concreto armado con acero de refuerzo, según lo indica la figura III.4.

El procedimiento de construcción del dado de apoyo es el siguiente:

##### 1.-DEMOLICION LOSA DE CIMENTACION EXISTENTE.

Ya ubicados los 24 dados de apoyo (figura III.3) se procede primeramente a realizar la demolición de la losa de cimentación en un área de forma triangular de aproximadamente 1.80 x 1.80 m., cortando el acero de refuerzo al centro de la zona demolida doblándolo hacia arriba para poder proseguir con los siguientes trabajos en esta zona.

##### 2.- EXCAVACION BAJO CIMENTACION EXISTENTE.

Como segundo paso se realiza la excavación a una profundidad de 90 cm a partir del lecho bajo de la losa de cimentación, 80 cm para alojar las traveses CT-1 y CT-2 y 10 cm más para una plantilla. El subsuelo de esta zona permitió realizar esta actividad como también las subsecuentes sin la presencia de agua de origen freático por lo que no se tuvo la necesidad de construir cárcamos para abatir el nivel freático por medio de bombeo continuo, lo que se tendría que realizar en caso contrario. La figura III.5 muestra a detalle la configuración de la demolición y excavaciones que se realizan.

##### 3.- PLANTILLA EN PISO DE EXCAVACION

Ya terminada la excavación, como siguiente paso es colocada una plantilla de concreto con  $F'c=100 \text{ kg/cm}^2$  de 10 cm de espesor en el piso de la excavación que tiene como propósito procurar el área limpia, evitando que el acero que será colocado en ese sitio, quede en contacto

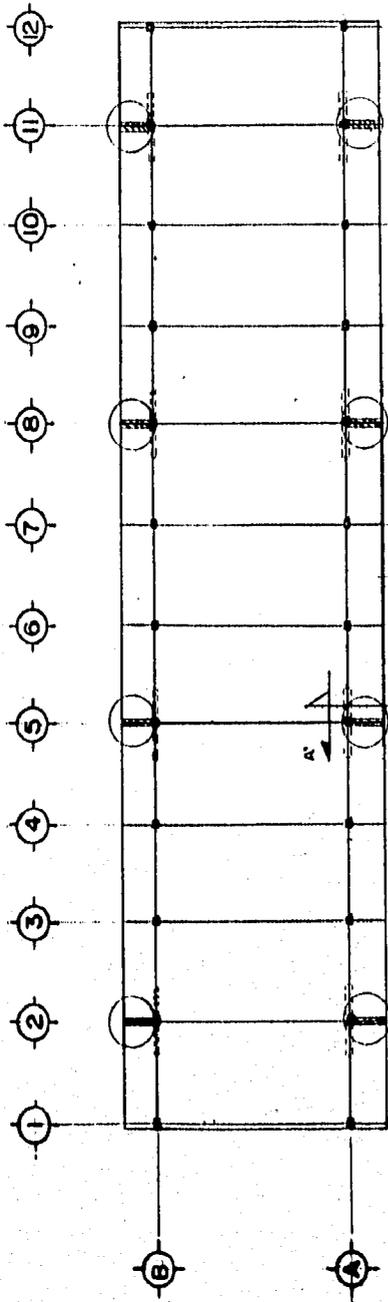
directo con el suelo, así como también el concreto correspondiente. La plantilla tendrá en planta lógicamente la configuración trapecial de la excavación, (figura III.5).

#### 4.- FABRICACION Y COLOCACION DE ADEME.

Como siguiente actividad se hace necesario la colocación de un ademe que brinde la estabilidad de las paredes de la excavación, el material a utilizar es la madera. El ademe se construye a base de barrote de dimensiones 2" x 4" y duela de 1" x 4", su colocación es en forma simultánea a su fabricación, es decir, en el sitio de su ubicación éste es colocado realizando el trabajo en el lugar que resulta sumamente incómodo y en espacio reducido, éste se realiza clavando barros con punta o estacas en forma vertical, introduciéndolas como mínimo 30 cm en el terreno, sobre éstos, se colocarán las duelas en forma horizontal que cubrirán las paredes de la excavación totalmente, para sujetar y adherirse a las paredes también son clavadas estacas, éstas hechas con duela que se ligan a los barros proporcionando la rigidez del ademe.

Cabe mencionar que este ademe también cumplirá la función de cimbra del dado ya que alojará al acero y al concreto que formará al dado, impidiendo que queden en contacto directo con el suelo y con las paredes de la excavación, por lo que no será recuperable quedando ésta madera bajo la cimentación al no poder ser estriada.

La figura III.6 muestra un esquema de este ademe.



RECIMENTACION  
(Cartabones - muros de rigidez)

EJES 2.5.8 y 11

2Ø 5/8"

4Ø 1"

Columna de  
muro de rigidez

Piso P.B.

Contratrabes  
existente

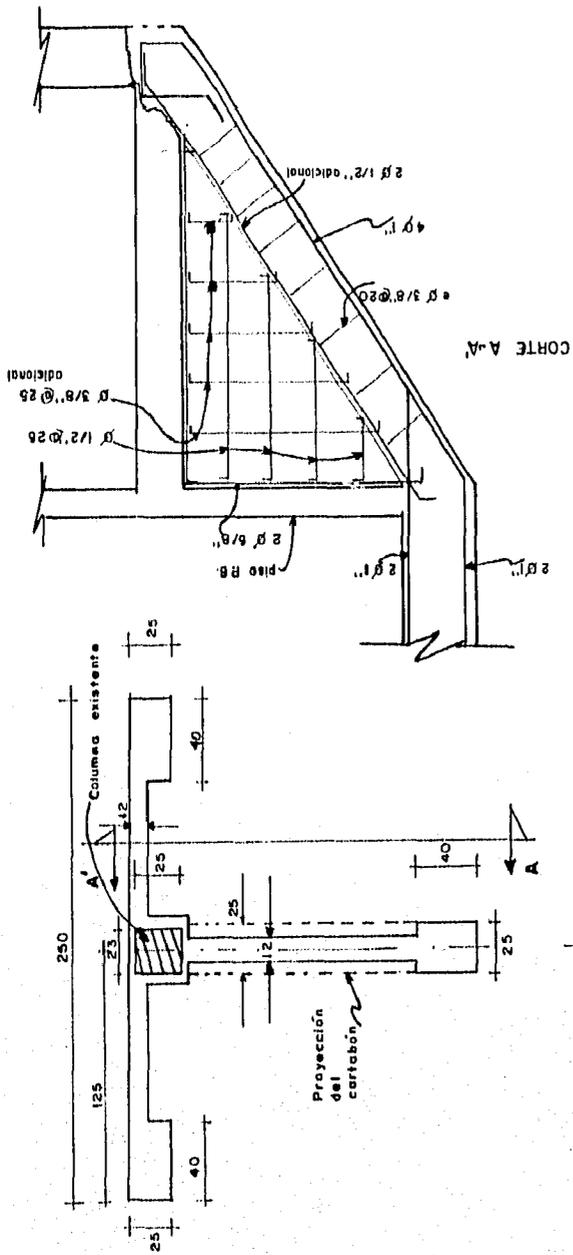
CELDA DE  
CIMENTACION

CORTE A-A'

demolicion para  
colocar y anclar  
acero de cartabon

Losas de cimentacion  
existente

Fig. III-1

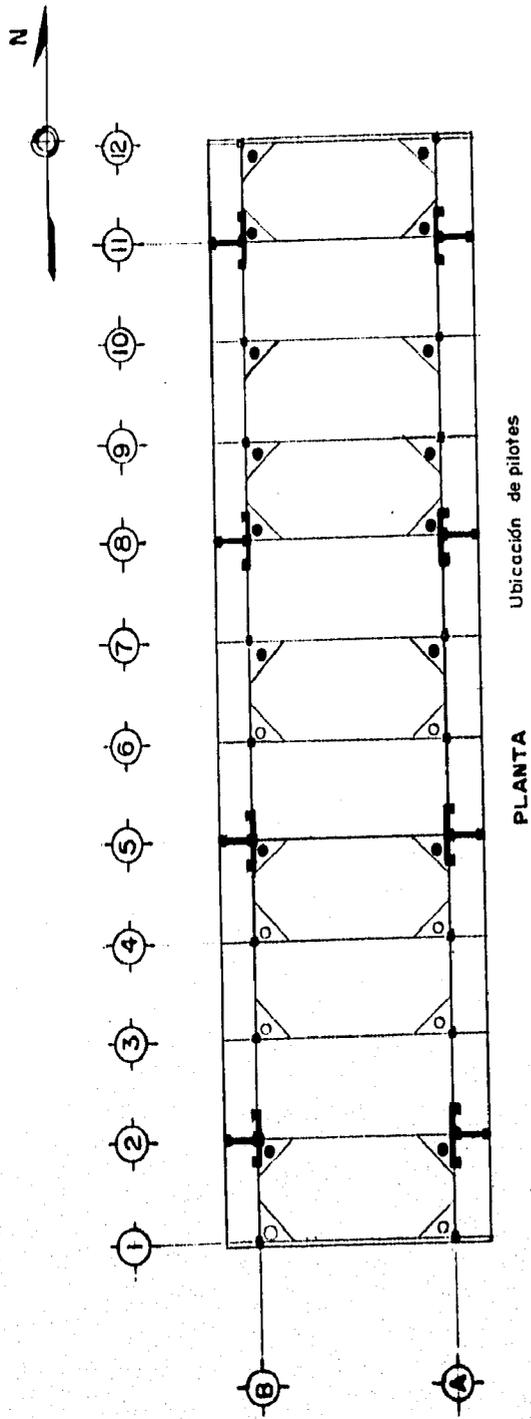


← EJES 2, 5, 8 y 11

PLANTA CARTABON  
y arranque de muros  
de rigidez

acotaciones en cm.

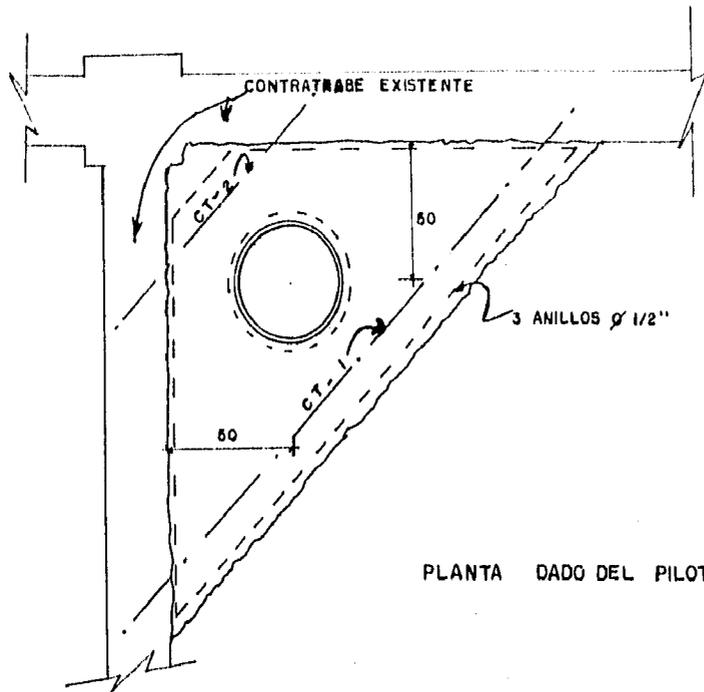
Fig. III-2



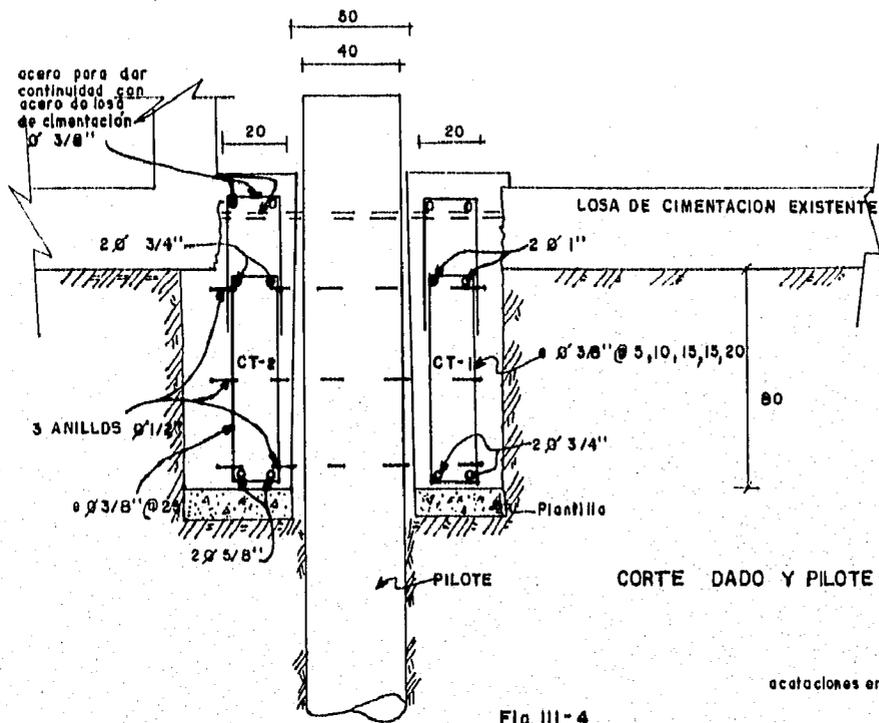
**SIMBOLOGIA**

-  PILOTE ver detalle fig. III-4
-  Preparación futuro Pilote
-  Ubicación, cerración y arranque de muros a nivel cimentación y muros de rigidez a nivel P.B. y 1er nivel

Fig. III-3.



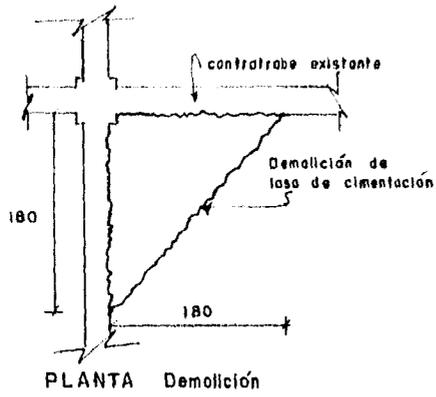
PLANTA DADO DEL PILOTE



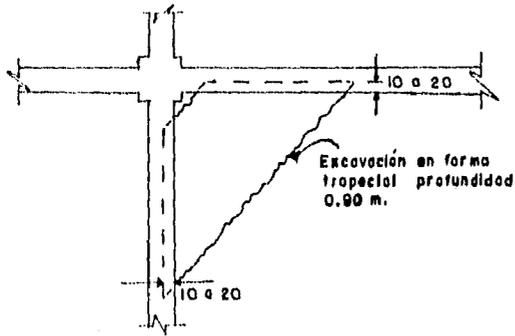
CORTE DADO Y PILOTE

acotaciones en cm.

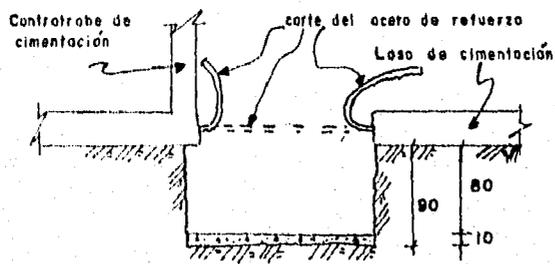
Fig. III-4



- Demolición en forma triangular.



- Excavación en forma trapecial por debajo de la cimentación existente procurando quedar de 10 a 20 cm. hacia adentro del paño de contralabes donde quedará alojado el dado de apoyo.



- El corte del acero de refuerzo de la losa de cimentación se realiza al centro de la sección y se dobla hacia arriba para continuar con la excavación.

CORTE

Fig. III-5

mediciones en cm.

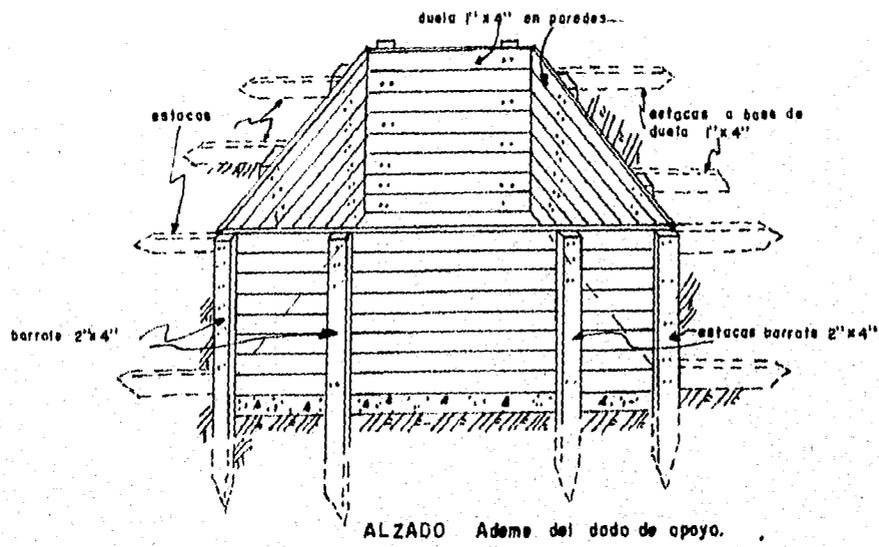
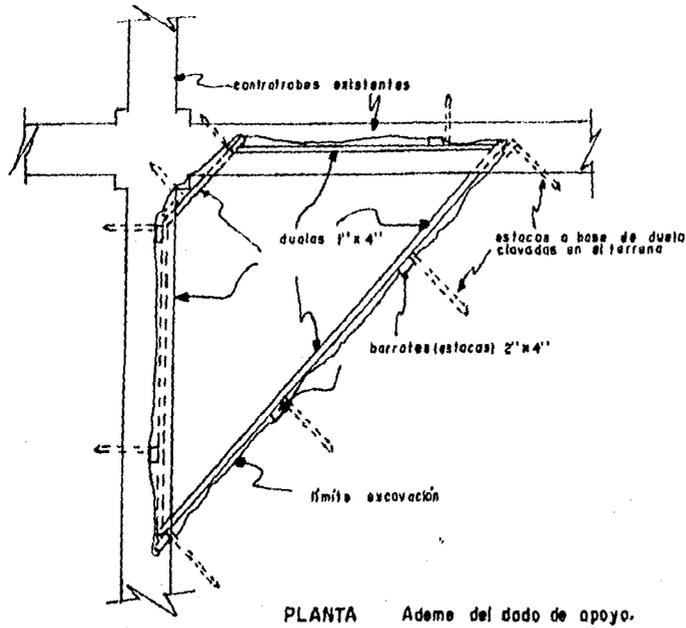


Fig. III-6

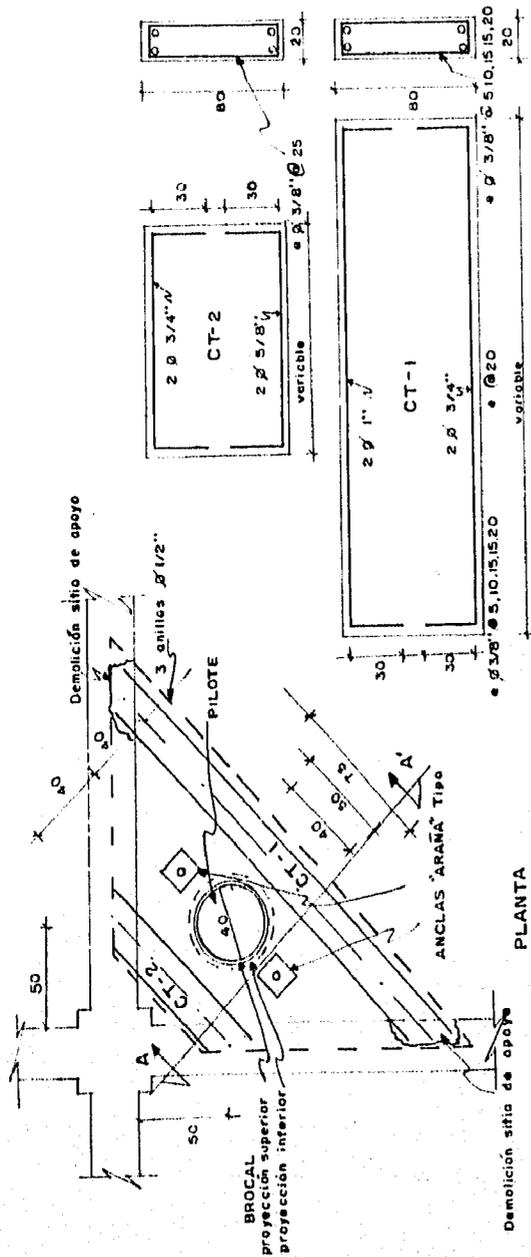
## 5.- ARMADO DE ACERO DE REFUERZO Y COLOCACION DE BROCAL Y ANCLAS

El siguiente paso después de realizar el ademe, es el armado del acero de refuerzo del dado de apoyo. Para realizar esta actividad es indispensable primero hacer demoliciones en el nivel inferior de las contratraves existentes en el lugar donde quedan alojados los extremos de las traves CT-1 del dado de apoyo, es decir, se efectuarán demoliciones a modo de cajas de dimensiones aproximadas de  $20 \times 15 \times 10$  cm suficientes para descubrir el acero principal de las contratraves existente, a fin de que en este punto poder alojar y anclar los extremos de la trabe de refuerzo CT-1 del dado de apoyo, (figura III.7).

Una vez teniendo ya las demoliciones en el sitio de apoyo de las traves del dado, ahora se procede a efectuar el armado del dado que contará con las dos traves CT-1 y CT-2, los anillos trapeziales de  $\varnothing 1/2$ " ya mencionado anteriormente y demás acero por temperatura y complemento para integrar el acero de refuerzo del dado. Es de primordial importancia que en la ejecución del armado del dado se coloquen simultáneamente dos elementos indispensables que forman parte de la funcionalidad del pilote de control. Estos dos elementos son: el BROCAL y el par de ANCLAS TIPO "ARAÑA" que formarán también parte del dado de apoyo.

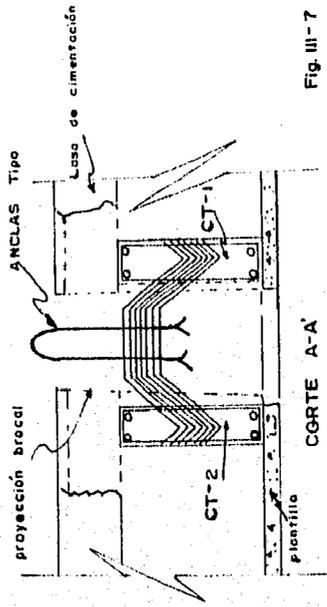
El primero de estos dos elementos, el brocal como ya se mencionó en el capítulo II nos dará el espacio libre para que el pilote atraviese la cimentación, por lo que se colocará y fijará dentro del dado llenándolo posteriormente con arena húmeda y compactada, para impedir que la fuerza inducida en forma lateral del concreto fresco en el momento del colado del dado deforme las dimensiones del brocal.

La colocación y fijación de las anclas debe de efectuarse en forma precisa obedeciendo a las cotas y dimensiones tanto de centro de pilote como la distancia de centro a centro de la cabeza de las anclas, que deberá ser de 75 cm., teniendo especial cuidado en esto así como también que las "patas" por así llamarles a los extremos inferiores de las anclas queden alojadas en lo que serán los cuerpos de las traves CT-1 y CT-2 para de esta manera, asegurar un anclaje tal y como lo marca esta técnica usada para pilotes de control. Donde deben ser colocadas, niveladas y plomeadas. La figura III.7 muestra gráficamente un esquema de lo expuesto anteriormente.



PLANTA

Trabes CT-1 y CT-2



CORTE A-A

mediciones en cm.

Fig. III-7

## 6.- COLADO DEL DADO DE APOYO.

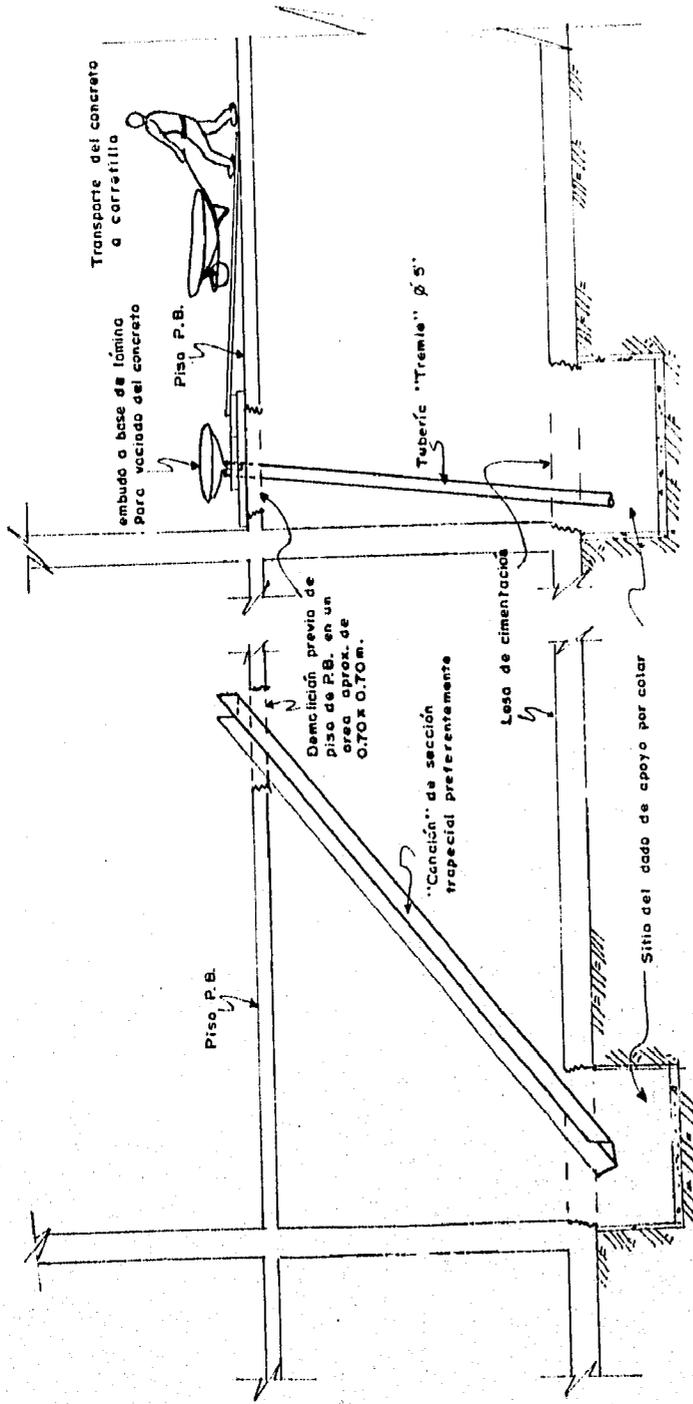
Antes de efectuar el colado deben limpiarse los elemento de transporte y lugar donde se va a depositar el concreto.

El concreto se vaciará en la zona del molde donde quedará en definitiva, este molde será el que queda confinado por el ademe ya citado que aloja al acero de refuerzo del dado, anclas y brocal. El procedimiento de colocación y compactación será tal que asegure una densidad uniforme del concreto y evite la formación de huecos. La compactación se llevará a cabo por medio de vibrador eléctrica cuyas R.P.M. sean de 7000 y su extensión o "chicote" tenga un diámetro de 1 1/2".

El concreto se fabricará en obra para una resistencia de  $F'c = 250 \text{kg/cm}^2$  y un revenimiento de 8 a 12 cm utilizando revoladora eléctrica con capacidad de un saco agregándole a la mezcla aditivo acelerante de fraguado (Dispercom AL-500) en proporción de 1/2 litro por bulto de cemento.

Dada la necesidad de unir concreto nuevo con concreto viejo, sobre este último se colocará adhección sobre sus caras previamente cinceladas para lograr una mejor adherencia, humedeciendo antes con agua la zona de colado. Debido a que el sitio del dado a colar se ubica en el nivel inferior de la cimentación y el área de fabricación y transporte del concreto se encuentra a nivel de planta baja, el vaciado del concreto se efectuará desde éste último nivel por medio de la utilización "de canalones" fabricados a base de madera o lámina, cuya inclinación no sea mayor de  $30^\circ$ , con el fin de evitar la segregación de los materiales de la mezcla. También podrá utilizarse en este caso tubería de la del tipo denominada "TREMIE" con  $\varnothing$  de 5" y un embudo colocado en su extremo superior para que ahí sea vaciado el concreto directamente de las carretillas que serán la forma de transportación desde la zona de fabricación, donde ésta no exceda los 20 m al sitio de vaciado. La figura III.8 ilustra ésta operación en forma gráfica.

COLOCACION DE CONCRETO (Colado)



Colado con tubería

Colado con "canalón"

Fig. III-8

### C) PILOTES.

Los pilotes son colocados básicamente en dos etapas principales: la perforación guía y el hincado propiamente del pilote.

La perforación guía consiste en realizar una horadación en el terreno en el sitio de ubicación del pilote, con un diámetro sensiblemente menor a éste, para este caso de 35 cm. Esta cavidad se logra con la utilización de una máquina perforadora a rotación, complementa el equipo de perforación; tubería de acero de  $\varnothing$  de 3" fraccionada en tramos acoplables por medio de enroscamiento de longitud 1 a 1.50 m.; broca tricónica también llamada de Piña; broca denominada de Gavilanes; bomba eléctrica con capacidad de entrada y salida de 3" y 2"  $\varnothing$  respectivamente y mangueras de succión y descarga.

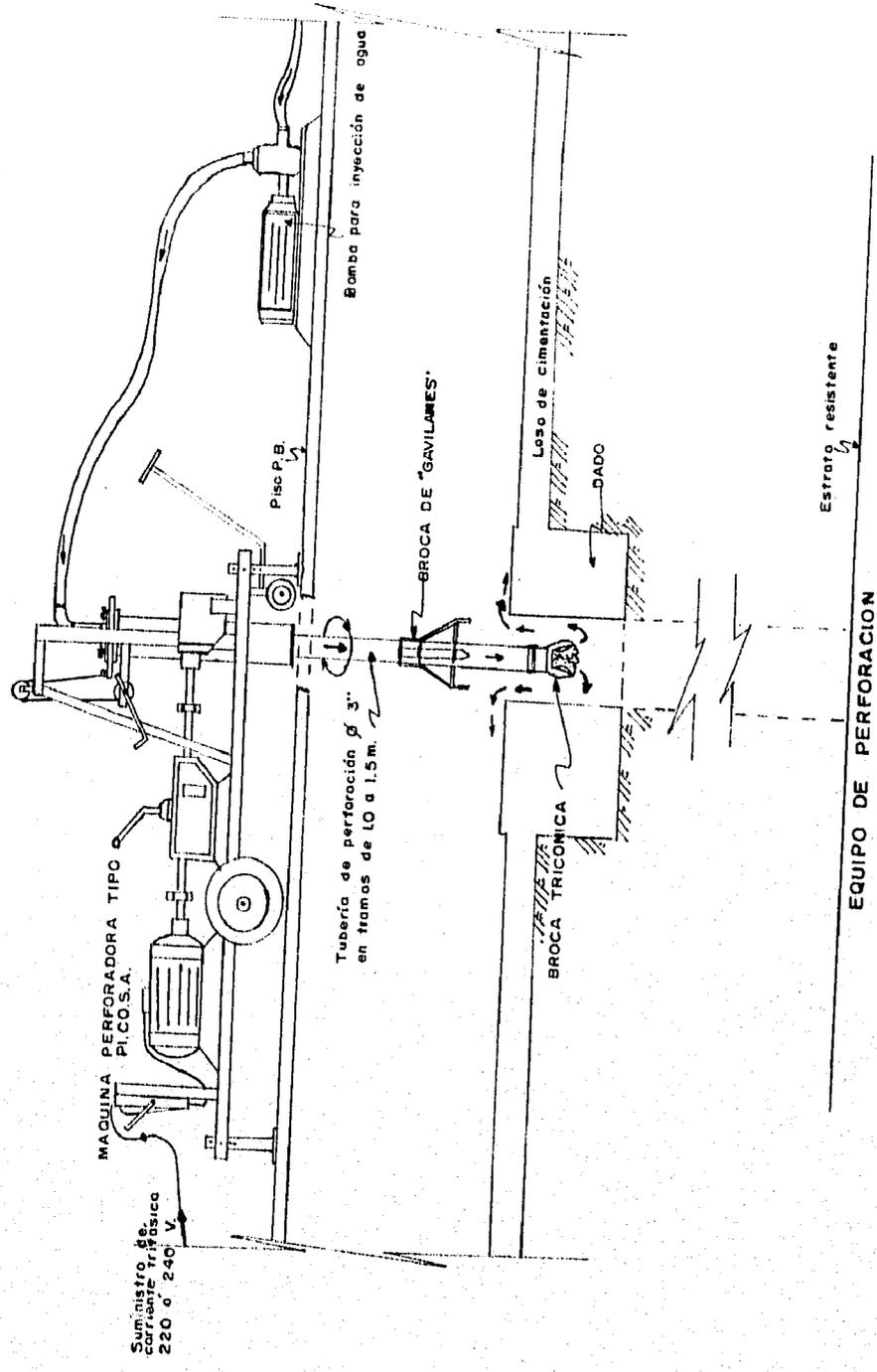
El procedimiento para poder llevar a cabo la perforación es el siguiente, siempre y cuando el dado ya estando colado se esperará preferentemente 10 días después del colado aunque este tiempo puede disminuir de 3 a 5 debido a la utilización del aditivo acelerante:

- La máquina perforadora es colocada, centrada y nivelada en el sitio que corresponderá al pilote. La máquina está constituida por un motor eléctrico de 15 H.P., que transmite la rotación a una caja de velocidades que regula éstas, pasa posteriormente a un calabazo que cambia la dirección a un sistema de engranajes ubicado en la plataforma que contiene a la máquina en sí. Este sistema de engranes proporciona la rotación a un tambor que sube y baja donde se sujeta la tubería llamada de perforación de 3"  $\varnothing$  que acoplada a las brocas tricónica y de gavilanes va realizando el corte y por ende la perforación a medida que por peso propio van bajando aumentando la profundidad de la perforación.
- El sistema de bombas compuesto por la bomba y tuberías de succión y de descarga será indispensable, pues la inyección de agua que se hará desde el extremo superior de la tubería bajará por ésta y saldrá por los orificios con que está provista la broca tricónica ubicada en el extremo inferior de la tubería. Esta agua inyectada a presión ayudará a realizar el corte de perforación además de proporcionar el lavado de la cavidad haciendo que el material ya licuado o triturado suba a la superficie en forma de lodo, el cual se almacenará en la celda de cimentación para posteriormente ser extraído.

- La perforación va avanzando a medida que se van adicionando los tramos de tubos conforme la profundidad aumenta. La perforación termina cuando se llega a la capa resistente ya identificada por medio de sondeo o cuando éste estrato resistente es determinado, debido a que a juicio del responsable la profundidad del estrato ya ha sido alcanzada, al indicarlo así el comportamiento de la máquina y al no haber más avance en un tiempo considerablemente grande.  
En el desarrollo de la perforación guía para evitar que las paredes de ésta sufran desgajamientos por inestabilidad propia del suelo se hace necesario, la incorporación a la cavidad de todo bentonítico, el cual impedirá el desprendimiento de material de las paredes que pudiera obstruir la perforación.
- Ya teniendo la profundidad requerida se hace parar la máquina perforadora, ésta se desmonta y retira del sitio y se procede a extraer tubo por tubo la tubería de perforación desenroscándolos uno a uno con ayuda de llaves steelson, hasta lograr que sea extraída la totalidad de la tubería, y por último las dos brocas del último extremo. Previamente lavada la cavidad de la perforación se retira todo el equipo utilizado y se da lugar a la colocación o hincado del pilote.

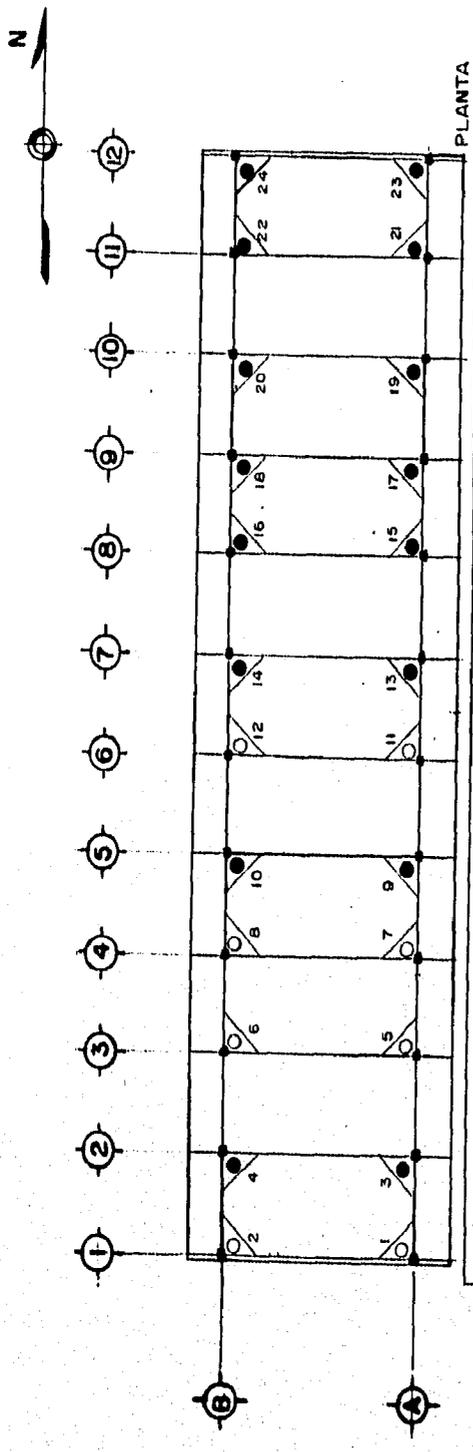
La figura III.9. Esquematiza el equipo de perforación convencional tipo PI.CO.S.A.

Los sondeos que aparecen en el capítulo I indican que el estrato resistente en la zona del edificio en estudio se encuentra entre los 15.60 y 19.60 m de profundidad. Las 16 perforaciones efectuadas llegaron a la profundidad de entre 19.00 y 20.90 m con lo que hay un rango de seguridad aceptable, la relación de número de pilotes y profundidad de perforación guía se muestra en la Tabla de la figura III.10.



EQUIPO DE PERFORACION

Fig. III-9



PLANTA

TABLA DE PROFUNDIDADES DE PERFORACION GUÍA E HINCADO DE LOS 16 PILOTES

No. Pilote	Núm. de Perforación Guía (m)	Hincado de Pilote (m)
1	20.30	21.80
2	19.70	21.30
3	20.80	21.90
4	20.10	21.20
5	18.10	20.20
6	19.00	20.40
7	20.90	22.00
8	19.90	21.00
9	19.90	21.10
10	19.50	20.80
11	19.00	21.30
12	19.70	21.00
13	20.10	21.60
14	19.70	21.30
15	19.00	20.50
16	19.30	21.30

Fig. III-10

El hincado del pilote, después de realizada la perforación guía, retiro de equipo de perforación y limpieza del área del lodo producto de la perforación, debe de realizarse lo más pronto posible no debiendo transcurrir más de 24 horas, desde el momento de extraer la tubería de perforación a la colocación o hincado del pilote. Esto con el fin de evitar la posible caída en la cavidad de la perforación de material inestable proveniente de las paredes de ésta que ocasiona que la perforación sea obstruida por el material derrumbado.

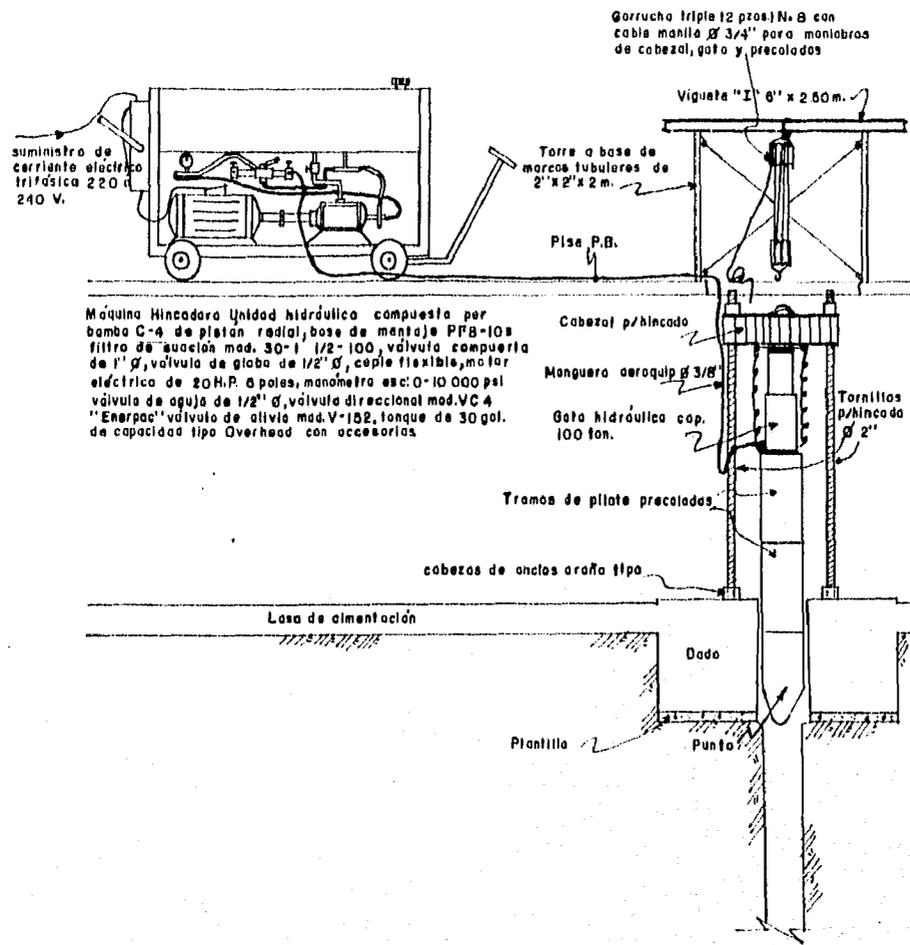
La técnica de hincado de pilote por medio de presión consiste en ir introduciendo el pilote en la perforación guía tramo a tramo por medio de la que se denomina equipo de hincado, que básicamente está compuesto por una máquina hincadora eléctrica que transmite presión hidráulica al elemento que empuja al pilote que es un gato hidráulico, éste se apoya para poder dar presión o empuje en un cabezal especial de hincado que está sujeto por medio de tornillos a las cabezas de las anclas tipo araña alojadas en el dado de apoyo del pilote. Así el procedimiento a seguir para la colocación del pilote es el siguiente:

- Se realiza la limpieza del hueco del dado retirando el lodo producto de la perforación del área y de las anclas especialmente.
- Se monta el equipo de hincado; el par de tornillos que en su extremo inferior tiene tuerca media caña y en el superior tuerca cuadrada; gato hidráulico que se conecta a la máquina hincadora; torre a base de marcos tubulares que sostendrán un sistema de garruchas desde donde se maniobrá tanto el sistema de gato y cabezal de hincado como tramos precolados del pilote.
- Ya montado y listo el equipo, se procede a insertar el primer tramo de pilote que será la punta, ésta es colocada en el espacio formado por el brocal del dado, sobre él es puesto el siguiente tramo precolado que será junteado y unido con el tramo punta por medio de 4 varillas de  $\varnothing 1/2"$  y 2.10 m de longitud, que son introducidas en el orificio central de  $\varnothing 7$  cm del tramo y de la punta respectivamente, este orificio es llenado con mortero, cemento-arena, proporción 1:4, así como también la junta existente entre ambos tramos.
- Un segundo tramo precolado colocado encima con la misma operación de liga con las varillas centrales y el mortero en la junta. Sobre éste tramo se sitúa el gato hidráulico que a su vez recibe al cabezal de rehincado que se sujeta desde el nivel inferior con los tornillos.
- Ya teniendo armado este sistema se procede a hacer funcionar la máquina hincadora que dará presión hidráulica al gato el cual empujará a los tramos de pilote realizándose el hincado de esta forma.
- El proceso de adición de tramos precolados uno a uno con aplicación de carga por medio del sistema ya descrito, se realiza sistemáticamente formándose el pilote que irá avanzando hasta alcanzar la profundidad y carga de proyecto requeridas, vigilando que

el junten, sea perfecto y las cuatro varillas centrales se coloquen a todo lo largo del pilote procurando sean traslapadas los 40 diámetros respectivos.

- Cuando se calcule haber llegado a la capa resistente del proyecto y el pilote ya no cede en su penetración, se dará por terminado el hincado del pilote, el cual es probado con una carga de prueba máxima a 120 toneladas, carga que es aplicada y regulada en la máquina hincadora. La prueba consiste en aplicar la carga ya mencionada manteniéndola constante por un corto tiempo, repentinamente se descarga o deja de aplicarse la carga, y el pilote tendrá una reacción ascendente debido a su recuperación al verse liberado. Esta reacción ascendente convencionalmente denominada "rebote" es medida por la distancia vertical que asciende o emerge al descargarse. El correcto funcionamiento lo determina esta prueba cuando se obtiene un rebote mínimo de 2 cm.
- El pilote en su parte superior deberá dejarse 10 cm arriba del paño superior del dado recortándose si es necesario perfectamente para que posteriormente se puedan colocar correctamente las celdas de deformación del dispositivo de control.
- Terminado esto se tiene que vigilar que no queden residuos de mortero ni material de escombros en el espacio que queda entre pilote y brocal, pues este espacio deberá quedar completamente libre para asegurar el libre paso del pilote a través de la cimentación. Este espacio es rellenado con trenzados de estopa perfectamente compactada en un espesor de aproximadamente de 30 a 80 cm a partir del nivel superior del dado hacia abajo.
- Las profundidades de hincado de los 16 pilotes colocados se muestran en la Tabla de la figura III.10 y un esquema del sistema de hincado aparece en la figura III.11.
- Ya teniendo el área perfectamente limpia únicamente resta realizar el montaje del dispositivo de control, colocando primeramente las tres capas de celdas de formación con sus correspondientes placas de lámina galvanizada, intercaladas sobre la cabeza del pilote, ésta previamente recortada y nivelada y si se hace necesario efectuar el "cabecero" que es el colocar mortero cemento-arena fina para asegurar un acabado uniforme del pilote. Sobre las celdas de deformación se sitúa el cabezal debidamente recubierto o pintado con pintura anticorrosiva, para posteriormente ensamblar el par de tornillos con sus correspondientes tuercas y roldanas, éstos perfectamente engrasados. Los estabilizadores son colocados simultáneamente con los tornillos, éstos deberán quedar colocados de manera que no sufran movimiento alguno por desnivel donde se posan y además no deberán tener contacto con el cabezal.

Para efectos de colocación de carga inicial en el pilote y como preparación para posteriormente atacar la nivelación del inmueble, la carga a colocar constará de 36 cuhos por capa que representa un poco más de 100 toneladas que recibirá el pilote. Se concluye el montaje del dispositivo de control apretando las tuercas únicamente al "llegue", es decir, hasta donde la fuerza de un hombre pueda apretar con relativa dificultad.



Máquina Hincadora Unidad hidráulica compuesta por bomba C-4 de pistón radial, base de montaje PFB-10s filtro de succión mod. 30-1 1/2-100, válvula compuerta de 1"  $\phi$ , válvula de globo de 1/2"  $\phi$ , cople flexible, motor eléctrica de 20 H.P. 6 polos, manómetro esc: 0-10 000 psi válvula de aguja de 1/2"  $\phi$ , válvula direccional mod. VC 4 "Enerpac" válvula de alivio mod. V-152, tonque de 30 gal. de capacidad tipo Overhead con accesorios.

EQUIPO DE HINCADO

Fig. III-11

## III.2 REESTRUCTURACION.

La reestructuración del edificio en estudio está encaminada a rigidizar la estructura, tanto para proporcionarle la funcionalidad requerida como para que pueda asimilar los esfuerzos inducidos en el proceso de enderezado.

La rigidización básicamente la conforman dos actividades a realizar que son: muros de rigidez, y reforzamiento de traveses existentes. Los muros de rigidez son estructuras de concreto reforzado cuya forma es en "T" rematadas en columnas de dimensiones  $40 \times 25$  cm y una envolvente de refuerzo en la columna metálica existente en el sitio de su ubicación. Como ya se apuntó anteriormente, éstos son en un número de 8 ubicados simétricamente por pares en los ejes 2, 5, 8 y 11.

### MUROS DE RIGIDEZ

Los muros arrancan a nivel de cimentación con el cartabón ya tratado anteriormente, en planta baja se definen y van al primer nivel prolongándose hasta la azotea donde terminan.

Para el desarrollo de esta actividad de construcción de los muros de rigidez, fundamentalmente las tareas a realizar son las siguientes, atacando lógicamente en el orden de la cimentación a la azotea:

- Demolición en losas y traveses existentes para dar paso al acero de refuerzo de las columnas que forman los muros, dándole continuidad a la vez que anclaje.
- Demolición del área de concreto existente, para dejarlo rugoso y tener mejor adherencia del concreto nuevo con concreto viejo. Esto únicamente en partes inferiores y superiores donde estarán los muros, es decir, en piso y techo de planta baja y entrepiso.
- El armado de los muros de rigidez corresponde al mostrado en la figura III.12 que será el siguiente paso a seguir.
- Se continúa con la colocación de la cimbra configurando la forma del muro de rigidez señalando que el acabado requerido será aparente y que esta cimbra será tipo, pudiéndose fabricar y utilizar en la construcción de varios muros.
- Con el colado del muro de rigidez que se realizará planta por planta respectivamente de cada muro, es decir, primero planta baja y posteriormente el primer piso se concluirá esta etapa, indicando que será un concreto de  $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  hecho en obra, que en su colocación se hará necesario el vibrado para evitar huecos y dar la apariencia deseada, también la utilización de aditivos, acelerantes (Dispersión AL - 500) en la

fabricación de la mezcla, y para la unión de concreto nuevo con concreto viejo (Adhección). Posteriormente al ser decimbrado se procederá al curado.

### REFORZAMIENTO DE TRABES EXISTENTES

La reestructuración del edificio en lo concerniente al reforzamiento de traves estriba en colocarle acero adicional a la vez que se aumentarán la secciones de las traves en forma envolventes, es decir, las traves existentes pasarán a formar una especie de núcleo que será envuelto a base de concreto y acero estructural, para así conformar una nueva trabe.

El edificio está resuelto originalmente en sus dos niveles por traves longitudinales en ejes A y B y traves transversales en ejes del 1 al 12, con losas aligeradas. El reforzamiento en el primer nivel se llevará a cabo en las traves longitudinales de los ejes A y B, transversalmente las traves que recibirán este tratamiento serán las de los ejes 2, 5, 6, 8, y 11, las restantes no se modificarán. En el segundo nivel igualmente las traves de los ejes longitudinales A y B serán reforzadas lo mismo que las transversales de los ejes 2, 5, 8, y 11, las demás no sufren ningún cambio.

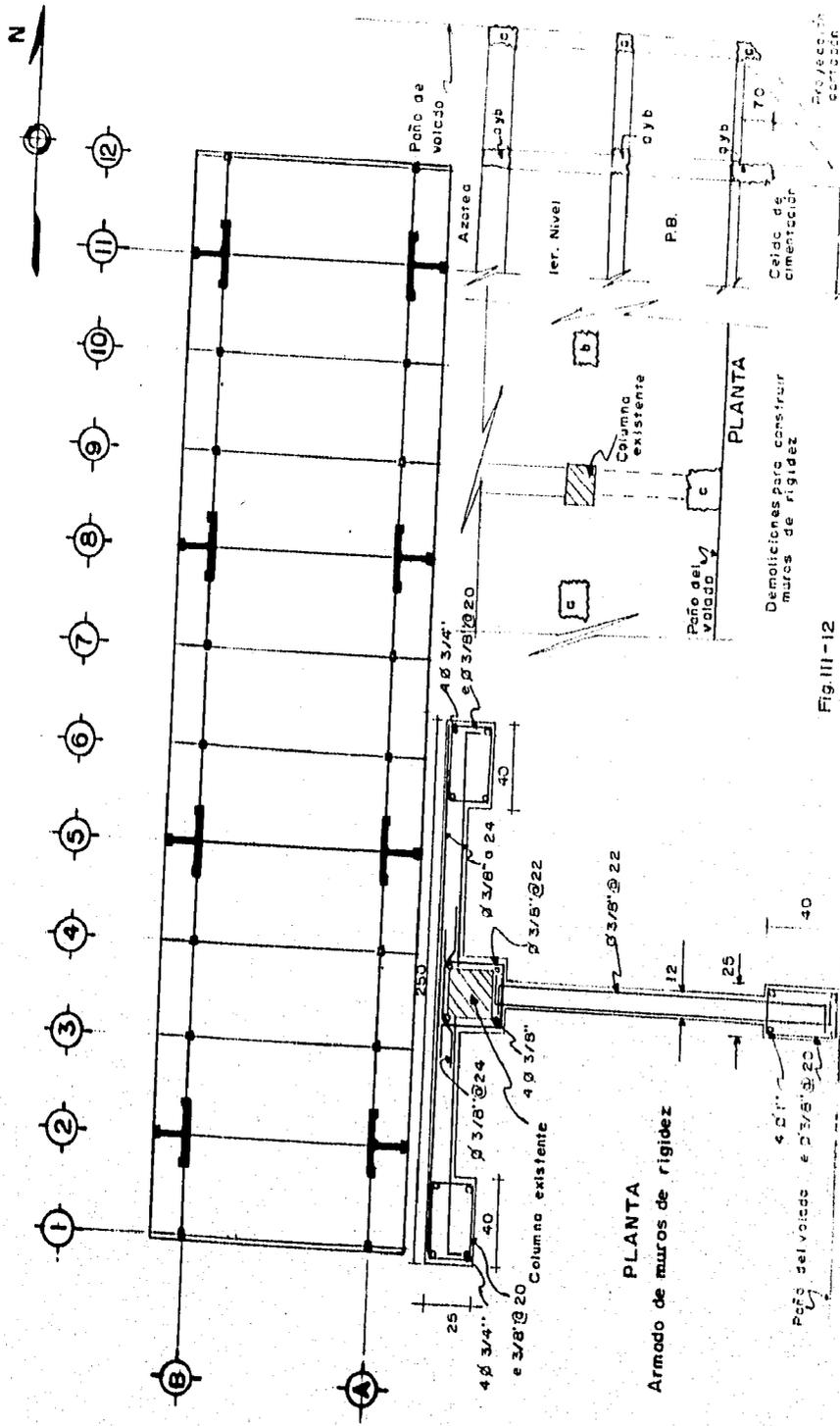
En las figuras III.13 y III.14 se muestra el arreglo del reforzamiento de traves, en dimensiones y cantidad de acero, para el primer y segundo nivel del edificio respectivamente.

El procedimiento de reforzamiento de las traves sigue el orden lógico de atacar inicialmente el primer nivel abocándose a las traves donde ya se hayan fabricado el par de muros de rigidez que se encuentren ubicados en su eje, para posteriormente pasar a ejecutar el 2º nivel. La secuencia de trabajos a realizar para la reestructuración de esta parte correspondiente a traves es la siguiente:

- Inicialmente es de suma importancia llevar a cabo el apuntalamiento de la zona en donde se encuentre la trabe, a base de vigas maderas y puntales que soportarán el área de influencia colocadas a todo lo largo de la trabe a ambos lados de ésta con una separación suficiente que permita realizar los trabajos de refuerzo de la trabe. Este apuntalamiento permanecerá hasta que el concreto utilizado haya alcanzado su resistencia final.
- Como siguiente paso se efectuarán las demoliciones de la losa y casetón que se encuentran adheridos a la trabe, en su parte superior para descubrirla, sin afectar las nervaduras de la losa aligerada. También se realizará la "picadura" o escarificado de las superficies que tendrán contacto con el concreto nuevo hasta dejarlo suficientemente rugoso.
- A continuación se tendrá que hacer un ranurado en la parte superior de las traves para poder alojar el acero de refuerzo longitudinal que va colocado en la parte alta de ésta.

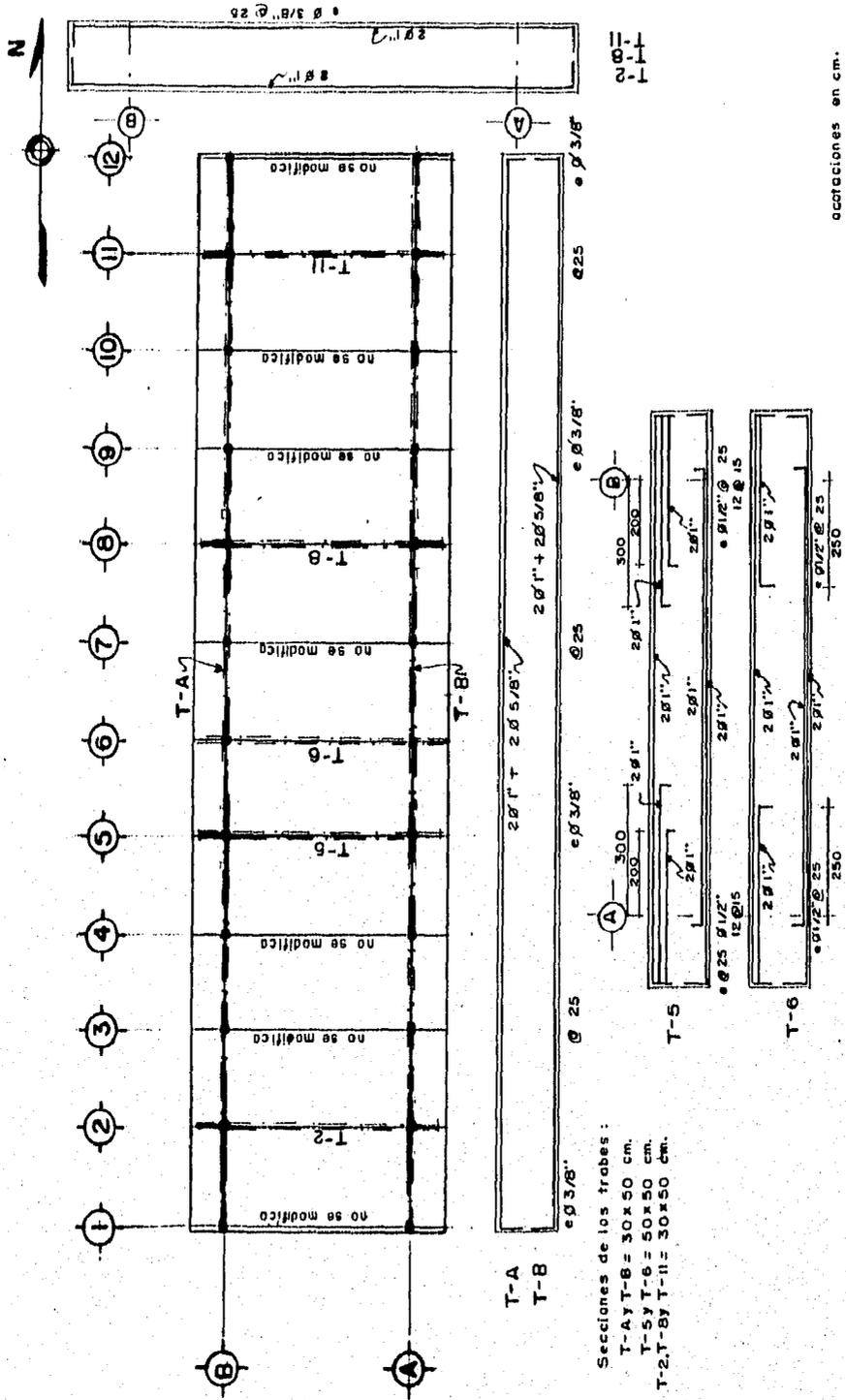
- Para poder realizar el armado en lo que respecta a los estribos se hace necesario el realizar perforaciones con taladro eléctrico para darle paso a este acero en las zonas donde la demolición no pudiera hacerse y así poder introducir los estribos a través de la losa.
- Los estribos de acero de refuerzo son colocados introduciéndolos desde la parte inferior atravesando la losa, ya en la parte superior, son doblados para formarlo propiamente y son soldados para garantizar su funcionamiento, mediante un cordón de soldadura de 5 cm.
- Debido a las condiciones para realizar los trabajos en espacios tan reducidos y a que las dimensiones de las trabes existentes aumentarán sus secciones, las trabes nuevas aumentaron ligeramente a dimensiones en promedio de 60 x 55 cm considerando que parte de éstas corresponden a la reposición de áreas demolidas, en el momento del colado, por lo que la cimbra se coloca en dos partes, una para llevar a cabo el colado de la trabe en sí y otra para dar acabado final a la trabe en su parte superior a la vez que reponer la fracción de la losa demolida.
- El colado de las trabes se realiza como ya se mencionó en el párrafo anterior en dos etapas, se cuela desde la parte superior el cuerpo de la trabe exceptuando la parte superior. Se espera el fraguado, se decimbran caras laterales, excepto la cimbra que soporta la trabe en su lecho inferior y se coloca una nueva cimbra no recuperable que recibirá el volumen del concreto de reposición de losa demolida que simultáneamente será el concreto que tape la parte superior de la trabe, concluyéndose así el colado.
- El concreto será hecho en obra con  $F'c=250\text{kg/cm}^2$  con aditivo acelerante (Dispersión AL-500 proporción 1/2 litro por cada 50 kg de cemento) deberá aplicarse adherencia a las superficies donde se unan concreto nuevo con concreto viejo. Y también se tomarán las muestra para pruebas de compresión del concreto, y pruebas de revenimiento para concreto fresco.
- Cuando el concreto haya alcanzado su resistencia requerida en una edad que debido al aditivo será en 15 ó 20 días se procederá al decimbrado y al inmediato curado.

La figura III.15 presenta en croquis la secuencia de construcción de las trabes de la reconstrucción.





REFORZAMIENTO DE TRABES Primer Nivel



mediciones en cm.

Fig. III-13

REFORMAMIENTO DE TRABES 2o Nivel (azofeo)

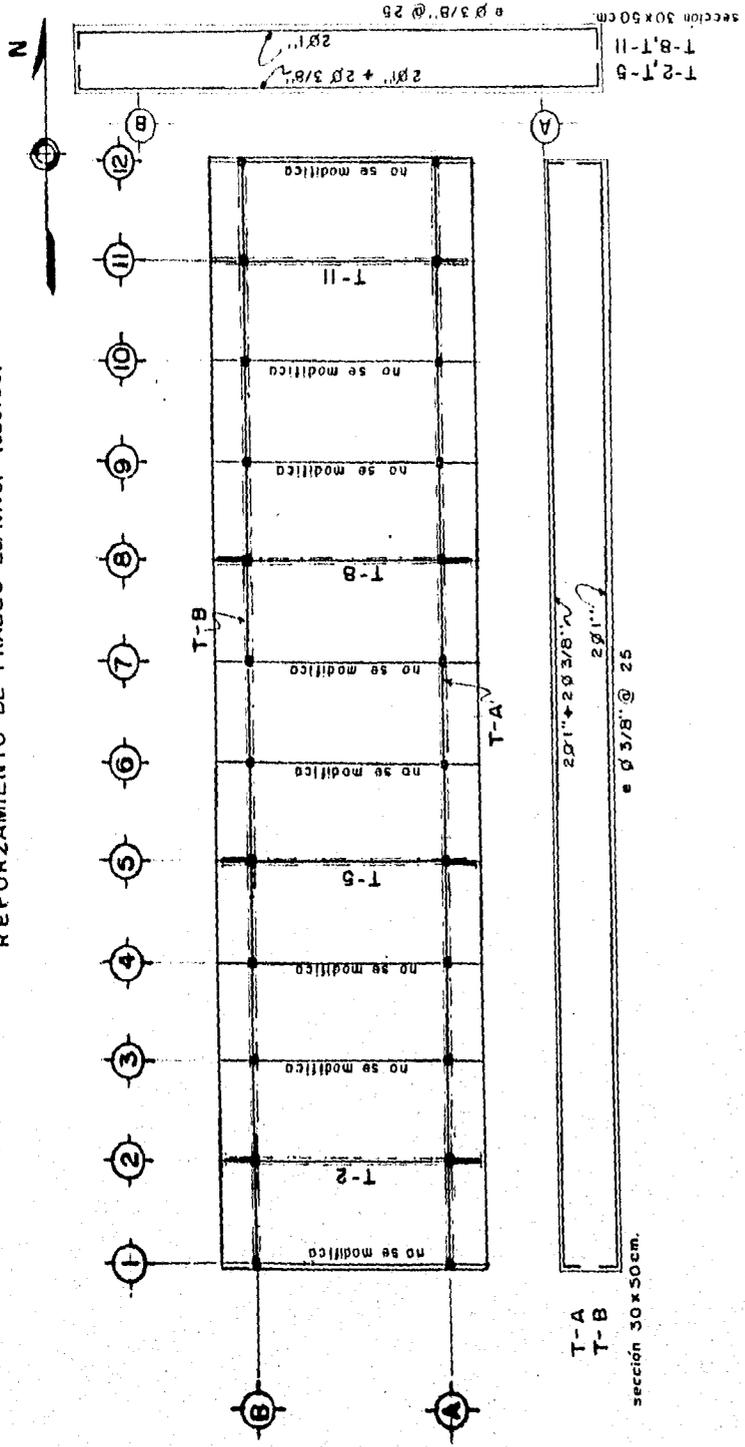
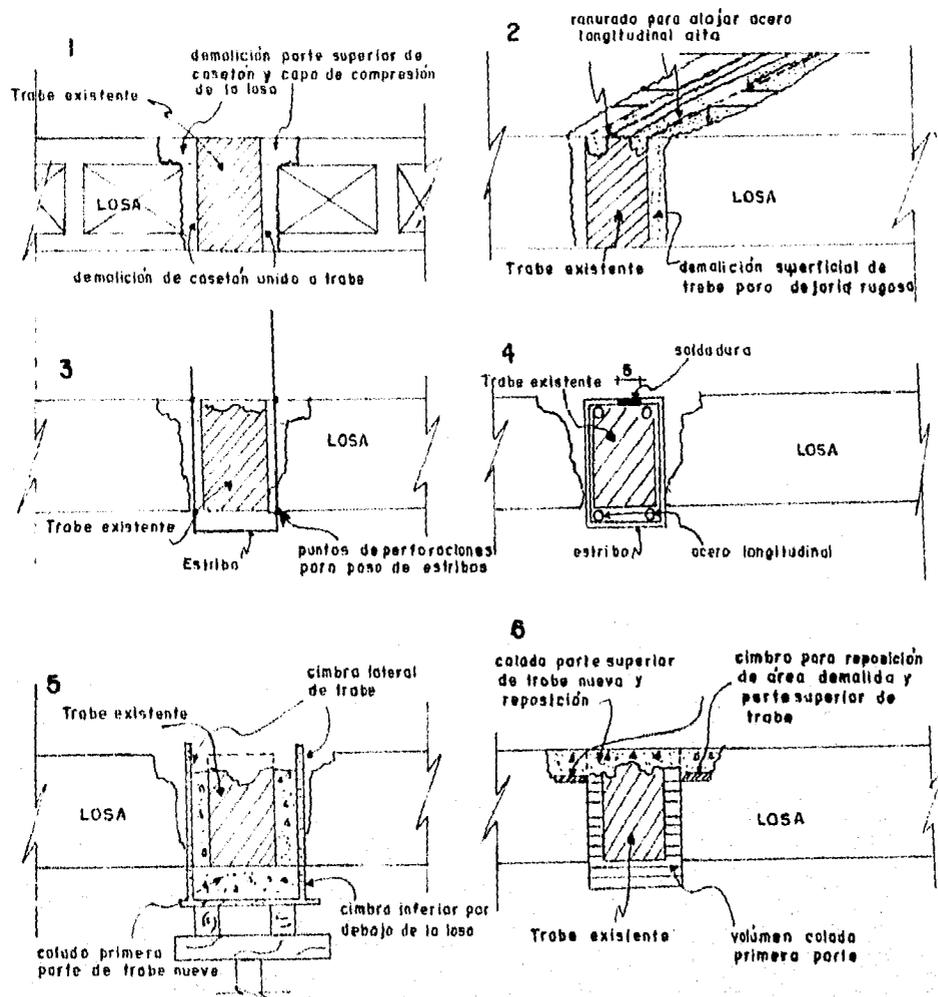


Fig. III-14



SECUENCIA PRINCIPAL DE CONSTRUCCION DE REFORZAMIENTO DE TRABES

Fig. III-15

**CAPITULO IV**  
**DESARROLLO DE LA ETAPA DE RENIVELACION**  
**DEL EDIFICIO EN ESTUDIO**

**IV.1.- SISTEMAS DE RENIVELACION MEDIANTE**  
**EQUIPOS DE CONTROL Y GATOS HIDRAULICOS.**

## CAPITULO IV

### DESARROLLO DE LA ETAPA DE RENIVELACION DEL EDIFICIO EN ESTUDIO

Habiendo concluido las etapas de recimentación y de reestructuración en el edificio que nos ocupa, la última etapa por realizar para lograr rehabilitar completamente el inmueble es la nivelación. La nivelación no es otra cosa que la aplicación de técnicas y procedimientos encaminados a la recuperación de niveles horizontales de la estructura, aprovechando las ventajas que para ella brindan los pilotes del tipo controlable poniendo en práctica los métodos del la patente de pilotes de control.

El edificio presentaba hacia octubre de 1989 un desnivel considerable, en sentido longitudinal cargado hacia la fracción norte.

Transversalmente el edificio tenía más hundimiento hacia su lado poniente. El desnivel máximo era de 427 mm entre el punto B-12 con cota de posición -427 mm y el punto A-1 con cota de posición 0 mm (fig. IV.1). Esto indicaba dirigir los trabajos de nivelación a atacar el lado norte y oriente, efectuando labores dirigidos al levantamiento de estas zonas y obtener en lo posible la horizontalidad del edificio.

La posición del edificio sufrió una alteración inducida por los trabajos de recimentación y reestructuración aunado al tiempo transcurrido, pues para abril de 1990 el hundimiento aumentó ligeramente aunque guardando las proporciones y dirección del desnivel. Ahora el desnivel era de 441 mm entre los mismos puntos B-12 (cota -441 mm) y A-1 (cota 0.0 mm) y continuaba transversalmente el hundimiento cargado hacia el lado poniente (fig. IV.2). Esta última posición del edificio será la del punto de partida de los trabajos de nivelación cuyos puntos principales del procedimiento son:

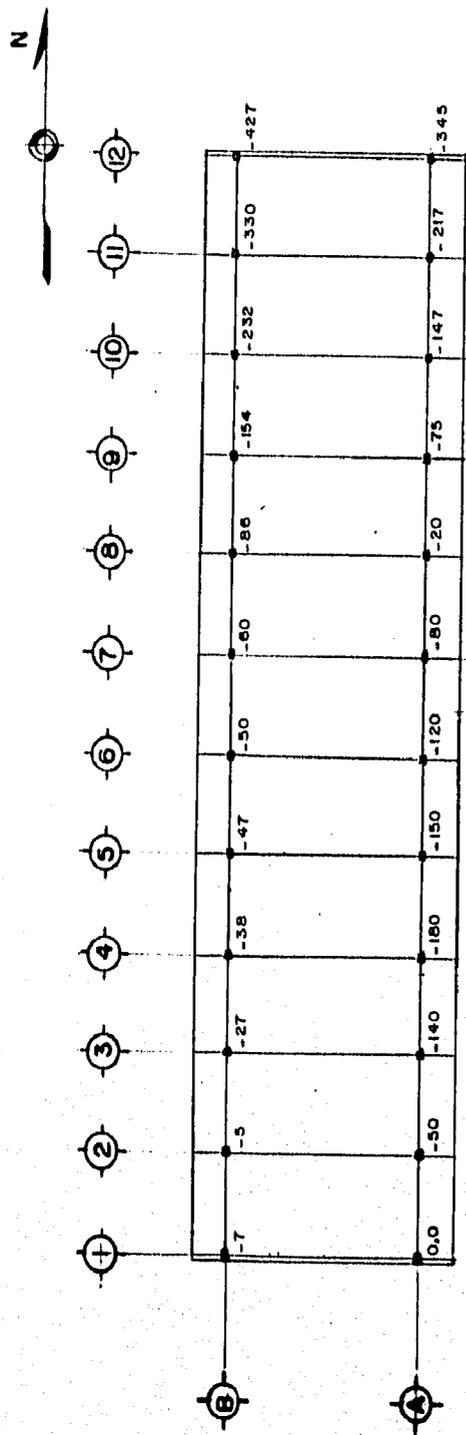
- En el capítulo anterior se determinó que los pilotes quedarían cargados para soportar aproximadamente 100 toneladas según las celdas de deformación colocadas en su dispositivo de control. Estas celdas de deformación se revisarán inicialmente para verificar y registrar cualquier deformación que pudieran presentar antes de comenzar con las maniobras de enderezado del edificio.
- Iniciar la vigilancia y registro de nivelaciones y plomadas, auxiliándose además de "testigos" y barras para percibir de inmediato su comportamiento estructural.

- Para asegurar el libre movimiento del edificio éste se debe de "liberar", es decir, se tiene que aislar completamente su cimentación del terreno circundante que se encuentre en contacto directo con él, evitando la fricción ejercida por el terreno sobre el edificio la que impide que éste se mueva satisfactoriamente.

La liberación del edificio consiste en efectuar una excavación perimetral con la profundidad requerida para dejarlo aislado del terreno o inmuebles colindantes.

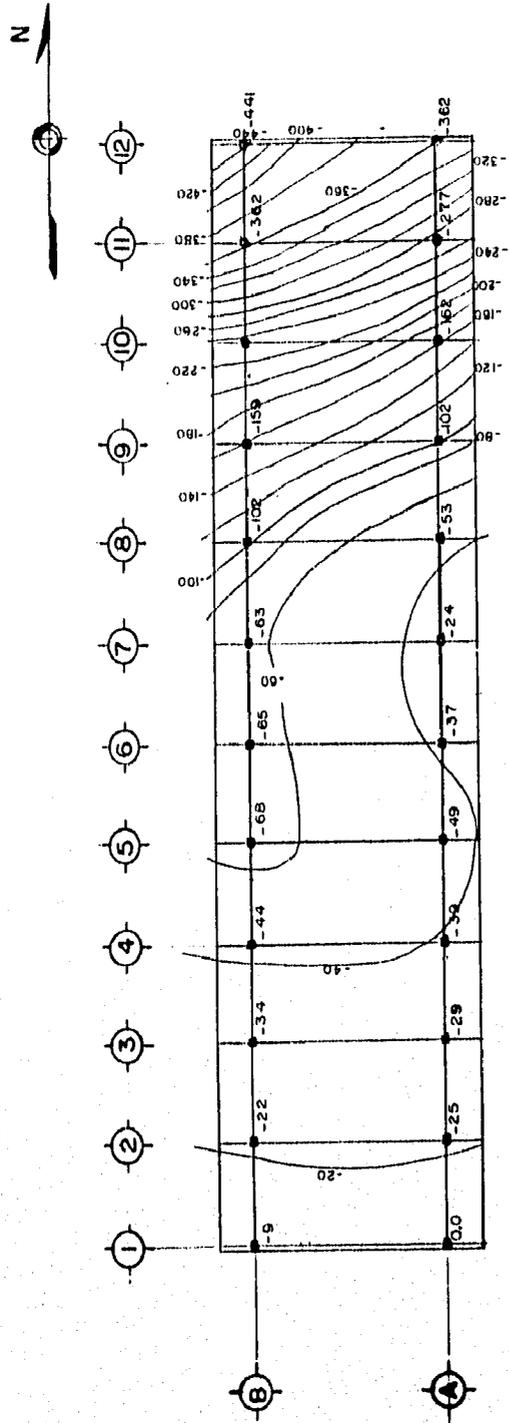
Ya que el edificio está aislado del conjunto de los demás inmuebles sólo se aísla del terreno circundante (fig. IV.3).

- Una vez liberado el edificio y teniendo el registro inicial de la posición de éste. Se determina realizar el enderezado utilizando los pilotes de control apoyados éstos en una capa resistente, y por el sistema de doble cabezal y equipos hidráulicos se realizan maniobras a los mecanismos de control lo que a continuación se detalla.



NOTAS:  
 DESNIVEL MÁXIMO  
 REGISTRADO 427mm.  
 Octubre de 1989  
 Acofaciones en mm.

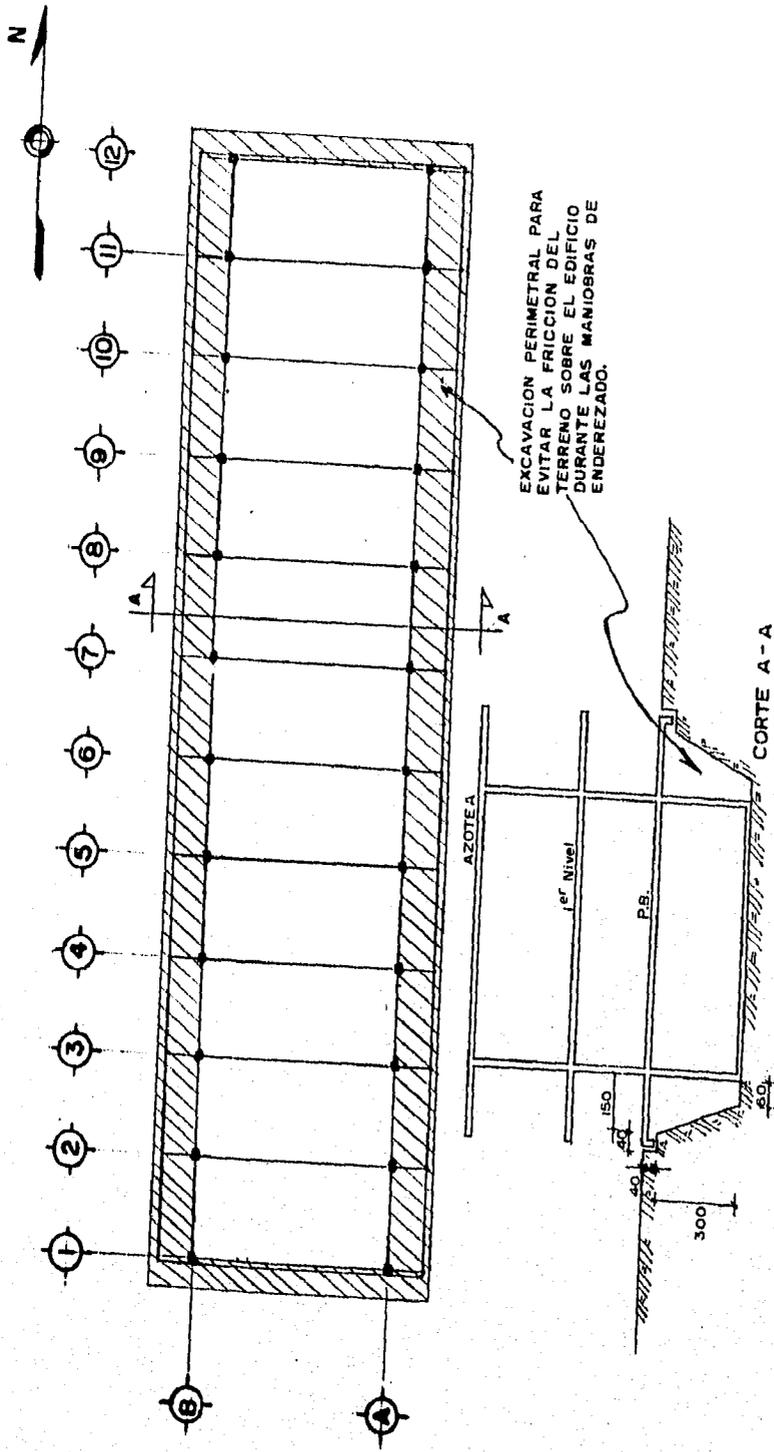
Fig. VI-1



NOTAS:  
 Desnivel Máximo Registrado  
 441 mm.  
 23 Abril 1990  
 Acofociones en mm.

Fig. IV-2

# LIBERACION DEL EDIFICIO



Acot. en cm.

Fig. IV-3

#### IV.1 SISTEMA DE RENIVELACION MEDIANTE EQUIPOS DE CONTROL Y GATOS HIDRAULICOS.

Equipo.- El equipo necesario para aplicar este sistema consiste en: el que ya se cuenta como control mecánico de cada pilote, que ya se mencionó en capítulos anteriores complementado con los siguientes dispositivos:

Equipo complementario:

- 1.- Tornillos "seguidores" (2 pzas.)
- 2.- Cabezal de prueba adicional (1 pza.)
- 3.- Tuercas "Seguidoras" (2 pzas.)
- 4.- Caja de Inyección Hidráulica (1 pza.)  
u otro equipo hidráulico para hacer funcionar al gato hidráulico.
- 5.- Gato Hidráulico cap. 150 Ton (1 pza.)
- 6.- Tuercas de cabezal de Prueba (2 pzas.)

En fig. IV.4 se observa el esquema de la instalación y montaje del equipo en su conjunto.

Teniendo ya instalado el equipo y habiendo revisado cada una de sus partes, las maniobras para renivelar el edificio levantándolo en el punto donde previamente se ha determinado básicamente consiste en:

- a) Las tuercas son apretadas tanto del cabezal de control (TC) como las tuercas del cabezal adicional de Prueba (TP). Colocando el gato hidráulico entre ambos cabezales.
- b) Se da carga al gato hidráulico mediante la inyección de presión hidráulica, lo que hace que al desarrollar su carrera el pistón del gato, éste se apoye sobre el pilote y levante el cabezal de prueba, el cual a su vez mediante los tornillos del dispositivo jalarán el dado estructural que ya forma parte de la cimentación del inmueble y por ende éste es levantado.
- c) El inmueble sube en la magnitud (M), las tuercas del control (TC) se despegan del cabezal del control aflojándose, todo esto manteniendo constante la aplicación de la carga sobre el pilote mediante el gato hidráulico. (Véase fig. IV.5.a).
- d) Como se dijo en el inciso anterior el edificio sube siempre y cuando se mantenga la carga, y para mantener esta posición evitando que nuevamente baje al interrumpirla, las tuercas del control (TC) son ajustadas apretándose como originalmente estaban, es decir a su cabezal del control lo que origina que el pilote cargue al edificio en el momento de interrumpir el accionar del gato hidráulico, (fig. IV.5.b).

- c) Ahora las tuercas del cabezal adicional de prueba (TP) son las que quedan flojas, éstas se ajustan y se aprietan a su correspondiente cabezal quedando el equipo en su conjunto como inicialmente estaba al comenzar las maniobras de nivelado.
- f) Este proceso sistemático se repite hasta lograr la nivelación y/o levantamiento deseado del edificio.  
Cabe hacer mención que la magnitud del levantamiento (M) en cada maniobra también puede corresponder, en parte a la deformación de las celdas de deformación del control, las cuales deben revisarse y sustituirse si es necesario.
- g) Habiendo logrado la nivelación deseada el equipo adicional se desmonta, dejando el dispositivo de control mecánico correspondiente al pilote en condiciones óptimas de operabilidad como se indica en el capítulo II.

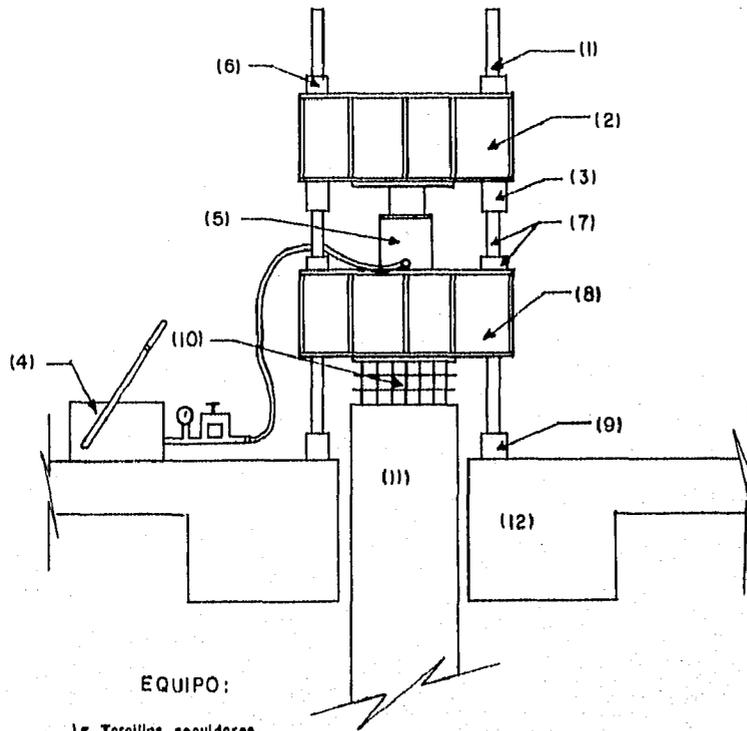
El proceso anterior se describió de manera individual para un pilote, la aplicación de este procedimiento en el conjunto de todos y cada uno de los pilotes que sustentan el inmueble se realiza en forma programada, sistemática, controlada, sincrónica y cautelosa, es decir, la forma de ataque en este caso del edificio de ESIME fue programada por pares de pilotes en cada eje atacando uno o dos ejes a la vez, realizando las maniobras sistemáticamente eje por eje, cubriendo desde el eje N° 12 (zona más baja del inmueble en su desnivel) hasta el eje 1 (referencia del plano horizontal en el punto A-1), controlando los movimientos inducidos por estas maniobras con nivelaciones periódicas (casi diarias) a todas y cada una de las columnas del inmueble, puntos que corresponden a pilotes de control o sus preparaciones. Así como lecturas de desplomes presentado en las esquinas del edificio. Maniobras que se sincronizan para mover el edificio de manera uniforme y con una velocidad casi imperceptible sólo reflejable en las nivelaciones periódicas efectuadas.

El período de ejecución de los trabajos de nivelación, concretamente maniobras y aplicación de carga para el levantamiento comprendió del 23 de abril al 25 de junio de 1990. En el cual se realizaron maniobras de levantamiento en el área norte del edificio efectuándose alrededor de 2,458 maniobras en total. En el lado sur se manipularon los controles de los pilotes ubicados en esa zona consistiendo en el apriete y afloje de las tuercas del control además de llevar a cabo una actividad en este lado sur para lograr que el edificio se comportara como se había previsto.

Esta actividad es el llamado "covacheo" que consiste en realizar excavaciones en los puntos principales de apoyo de la cimentación, concretamente bajo los dados estructurales de los pilotes o en las preparaciones para futuros pilotes, puntos de columnas estructurales.

Dicha excavación se encamina a retirar el material que bajo los dados de los pilotes se encuentra en un espesor mínimo suficiente para permitir el libre movimiento del inmueble. Se ilustra en la fig. IV.6.

EQUIPO HIDRAULICO Y DE CONTROL PARA RENIVELACION



EQUIPO:

- 1.- Tornillos seguidores.
- 2.- Cabezal de prueba.
- 3.- Tuercas "seguidoras".
- 4.- Equipo de inyección hidráulica (caja).
- 5.- Gato hidráulico.
- 6.- Tuercas de cabezal de prueba.
- 7.- Tuercas y tornillos de control.
- 8.- Cabezal de control.
- 9.- Tuercas (caña completa) en cabezas de los anclas tipo "araña" ancladas al dado estructural.
- 10.- Cubos o celdas de deformación.
- 11.- Pilote.
- 12.- Dado estructural formando parte de la cimentación.

Fig. IV-4

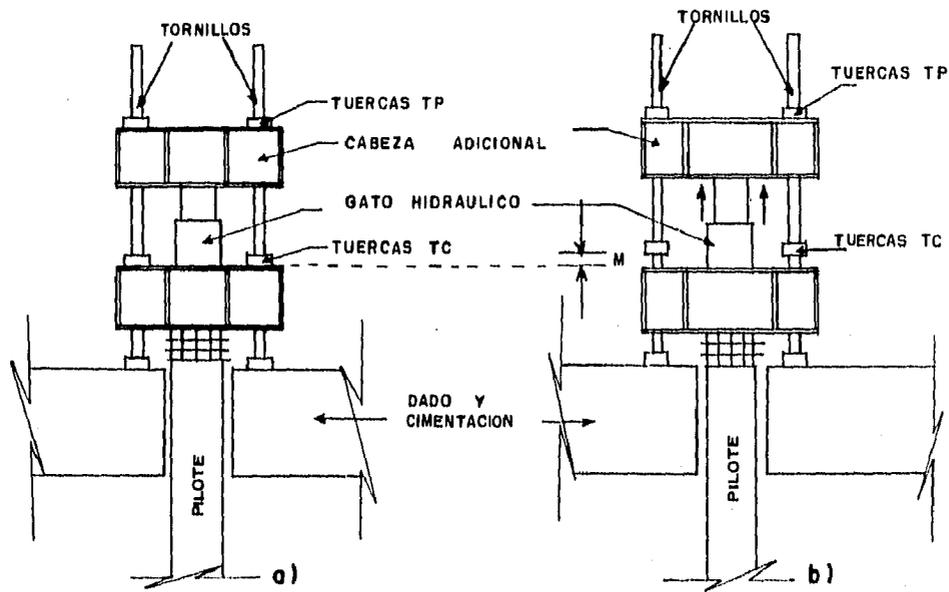


Fig. IV-5

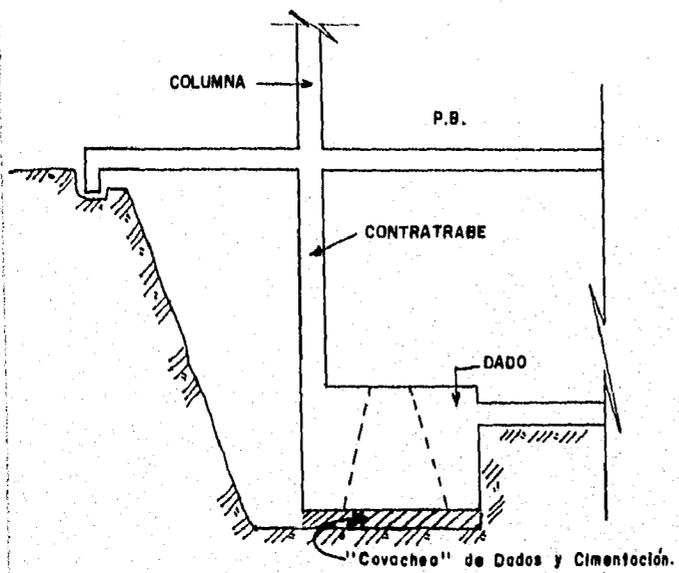


Fig. IV-6

El registro del desarrollo de la nivelación se llevó a cabo ejecutando las maniobras descritas en párrafos anteriores llevando el registro, casi a diario, de todos y cada uno de los puntos de sustentación (columnas), teniendo como resultado una recuperación en el punto más crítico B-12 de 24.6 cm, es decir, se logró levantar en ese punto al edificio dicha cantidad con respecto al punto 0.00 A-1 en el período del 23 de abril al 25 de junio de 1990.

Los registros del comportamiento columna por columna o punto por punto se presentan en las tablas siguientes quedando el edificio al término de este período con un desnivel entre los puntos más críticos A-1 a B-12 de 19.5 cm.

MOV. ACUM.	A-10			A-11			A-12			FECHA 1990
	COTA INV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA INV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA INV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	
0.0	83.6	0.0		72.3	0.0		63.9	0.0		21-ABRIL
-0.2	83.9	+0.1		72.1	-0.2		63.4	0.0		06-MAYO
-1.0	84.4	+0.3		72.3	+0.2		63.4	0.0		09 "
0.0	84.4	0.0		72.3	-0.1		63.8	0.0		10 "
-0.1	84.5	+0.1		72.1	-0.1		69.9	+1.1		11 "
-0.2	84.8	+0.3		73.8	+1.7		66.7	+1.8		12 "
-0.1	85.0	+0.2		74.4	+0.6		66.3	-0.4		14 "
-0.3	85.5	+0.5		74.6	+0.2		66.6	+0.3		15 "
0.0	85.4	-0.1		74.6	0.0		66.6	0.0		16 "
0.0	85.6	+0.2		75.0	+0.4		67.3	+0.7		17 "
-0.3	85.3	-0.3		75.7	+0.7		68.1	+0.8		18 "
-0.3	86.1	+0.8		76.0	+0.3		68.0	-0.1		19 "
+0.4	86.9	+0.8		76.9	+0.9		69.7	+1.7		21 "
-0.4	86.3	-0.3		76.3	-0.6		68.4	-1.3		22 "
+0.3	86.9	+0.3		77.1	+0.8		68.9	+0.5		23 "
+0.4	86.9	0.0		77.3	+0.2		68.6	-0.3		24 "
+0.2	87.3	+0.5		77.6	+0.3		70.6	+2.0		25 "
-1.2	86.6	-0.6		77.8	+0.2		70.7	+0.1		26 "
0.0	86.8	+0.2		78.1	+0.3		71.2	+0.5		28 "
-1.3	87.7	+0.9		79.0	+0.9		72.4	+1.2		29 "
-0.7	87.7	0.0		79.6	+0.6		73.1	+0.7		30 "
-0.3	88.4	+0.7		80.2	+0.6		73.8	+0.7		31 "
+1.3	90.2	+1.8		82.9	+2.7		76.6	+2.8		01-RINIO
+1.0	92.0	+1.8		84.9	+2.0		79.3	+2.7		02 "
-0.4	92.0	0.0		85.0	-0.1		79.6	+0.3		04 "
+0.4	92.0	0.0		85.5	+0.5		79.9	+0.3		05 "
+0.3	92.6	+0.6		86.2	+0.7		80.2	+0.3		06 "
+0.1	92.9	+0.3		86.5	+0.3		80.7	+0.5		07 "
+0.3	93.0	+0.1		86.5	0.0		81.0	+0.3		09 "
-0.3	93.1	+0.1		86.7	+0.2		81.0	0.0		09 "
-0.2	92.6	-0.5		86.5	-0.2		81.0	0.0		11 "
+0.5	93.2	+0.6		86.9	+0.4		81.4	+0.4		12 "
+0.4	93.5	+0.3		87.3	+0.4		82.3	+0.9		12 "
-0.3	93.2	-0.3		86.9	-0.4		81.4	-0.9		13 "
-0.2	92.7	+0.5		86.7	-0.2		81.1	-0.3		14 "
-0.5	97.2	+1.0		87.8	+1.1		82.7	+1.6		15 "
-0.8	94.8	+1.1		89.3	+1.5		84.1	+1.4		16 "
0.1	95.0	+0.2		89.2	-0.1		84.0	-0.1		18 "
0.0	94.8	-0.2		88.9	-1.3		83.6	-0.4		19 "
-0.2	96.1	-0.4		88.2	-0.7		83.0	-0.6		20 "
-0.2	94.5	+0.1		88.3	+0.1		82.9	-0.1		21 "
-0.5	94.0	-0.5		88.0	-0.3		82.6	-0.3		22 "
-0.2	94.2	+0.2		88.3	+0.3		82.9	+0.3		23 "
-0.8	97.3	+1.2	+11.8	90.0	+1.7	+17.7	85.0	+2.1	+21.3	25 "

TABLA IV.1 Registros de los puntos de Nivelación durante el desarrollo del enderezado.  
(EJE A).

FECHA 1990	A-1			A-2			A-3			A-4			A-5			A-6			A-7			A-8		
	COTA NIVELACION	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.
23-ABRIL	1.00	0.0	0.0	97.5	0.0	0.0	97.1	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	95.1	0.0	0.0	96.3	0.0	0.0	97.6	0.0	0.0	94.7	0.0	0.0
06-MAYO	1.00	0.0	0.0	97.3	+0.2	-0.2	96.8	-0.3	-0.3	96.2	+0.3	0.0	95.1	0.0	0.0	96.3	0.0	0.0	97.8	+0.2	0.0	94.9	+0.2	0.0
09 "	1.00			96.1	+0.8	+0.6	97.3	+0.7	+0.4	96.8	+0.6	0.0	95.8	+0.5	0.0	97.0	+0.7	+0.7	96.3	+0.5	0.0	94.5	+0.5	0.0
10 "	1.00			96.1	0.0	0.0	97.3	0.0	0.0	96.8	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	97.0	0.0	0.0	96.3	0.0	0.0	95.3	-0.1	0.0
11 "	1.00			96.1	0.0	0.0	97.3	0.0	0.0	96.8	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	97.0	0.0	0.0	96.3	0.0	0.0	95.4	+0.1	0.0
12 "	1.00			96.1	0.0	0.0	97.3	0.0	0.0	96.8	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	97.0	0.0	0.0	96.3	0.0	0.0	95.3	+0.1	0.0
14 "	1.00			96.1	0.0	+0.6	97.3	0.0	0.0	96.7	-0.1	+0.6	95.5	-0.1	0.0	97.0	0.0	0.0	96.2	-0.1	0.0	95.6	+0.1	0.0
15 "	1.00			96.1			97.3	0.0	0.0	96.8	+0.1	0.0	95.6	+0.1	0.0	97.1	+0.1	0.0	96.4	+0.2	0.0	95.8	+0.2	0.0
16 "	1.00			96.1			97.3	0.0	0.0	96.8	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	97.1	0.0	0.0	96.4	0.0	0.0	95.8	0.0	0.0
17 "	1.00			96.1	0.0	0.0	97.3	0.0	0.0	96.8	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	97.1	0.0	0.0	96.4	0.0	0.0	95.8	0.0	0.0
18 "	1.00			96.3	+0.2	0.0	97.7	+0.2	0.0	96.9	+0.1	0.0	96.0	+0.4	0.0	97.4	+0.3	0.0	96.9	+0.5	0.0	96.1	+0.3	0.0
19 "	1.00			96.1	-0.2	0.0	97.3	-0.2	0.0	96.8	-0.1	0.0	95.6	-0.4	0.0	97.0	-0.4	0.0	96.3	-0.6	0.0	96.0	-0.1	0.0
21 "	1.00			96.3	+0.2	+0.8	97.6	+0.1	0.0	97.0	+0.2	0.0	96.1	+0.5	0.0	97.5	+0.3	0.0	99.0	+0.3	0.0	96.6	+0.6	0.0
22 "	1.00			97.9	-0.4	0.0	97.6	0.0	0.0	96.8	-0.2	0.0	95.8	-0.3	0.0	97.5	-0.7	0.0	96.7	-0.3	0.0	96.1	-0.5	0.0
23 "	1.00			96.3	+0.4	0.0	97.6	0.0	0.0	96.8	0.0	0.0	96.0	+0.2	0.0	97.7	+0.4	0.0	96.9	+0.2	0.0	96.4	+0.3	0.0
24 "	1.00			96.0	-0.3	0.0	97.6	0.0	0.0	96.7	-0.1	0.0	95.8	-0.2	0.0	97.3	-0.4	0.0	96.3	-0.4	0.0	96.0	-0.4	0.0
25 "	1.00			96.2	+0.2	+0.7	97.6	0.0	0.0	96.9	+0.2	0.0	95.8	0.0	0.0	97.4	+0.1	0.0	96.6	+0.1	0.0	96.1	+0.1	0.0
26 "	1.00			96.3	0.0	0.0	97.6	0.0	0.0	96.7	-0.2	0.0	95.7	-0.1	0.0	97.3	-0.1	0.0	96.2	-0.4	0.0	95.4	-0.7	0.0
28 "	1.00			96.2	0.0	0.0	97.1	-0.3	0.0	96.5	-0.2	0.0	95.1	-0.8	0.0	97.3	-0.2	0.0	96.1	-0.1	0.0	95.2	-0.2	0.0
29 "	1.00			96.1	-0.1	0.0	97.3	+0.4	0.0	96.8	+0.1	0.0	95.6	+0.3	0.0	97.1	0.0	0.0	96.3	+0.2	0.0	95.7	+0.5	0.0
30 "	1.00			96.1	0.0	0.0	97.7	+0.2	0.0	96.5	-0.1	0.0	95.5	-0.1	0.0	97.2	+0.1	0.0	96.1	-0.2	0.0	95.5	-0.2	0.0
31 "	1.00			96.2	+0.1	0.0	97.7	+0.0	0.0	96.8	-0.3	0.0	95.7	+0.2	0.0	97.2	0.0	0.0	96.2	+0.1	0.0	95.6	+0.1	0.0
01-JUNIO	1.00			96.0	-0.2	0.0	96.0	+0.3	0.0	96.6	-0.2	0.0	96.0	+0.3	0.0	97.3	-0.3	0.0	96.6	+0.4	0.0	96.8	+1.2	0.0
02 "	1.00			96.5	+0.5	0.0	96.0	0.0	0.0	96.9	+0.3	0.0	96.2	+0.2	0.0	97.8	+0.3	0.0	99.1	+0.5	0.0	97.1	+0.3	0.0
04 "	1.00			96.5	0.0	0.0	96.0	0.0	0.0	97.0	+0.1	0.0	96.0	-0.2	0.0	97.7	-0.1	0.0	96.9	-0.2	0.0	96.8	-0.3	0.0
05 "	1.00			96.3	-0.2	0.0	96.0	0.0	0.0	96.7	-0.3	0.0	96.1	+0.1	0.0	97.7	0.0	0.0	96.5	-0.4	0.0	96.8	0.0	0.0
06 "	1.00			96.4	+0.1	0.0	97.9	-0.1	0.0	96.7	0.0	0.0	96.0	-0.1	0.0	97.6	-0.1	0.0	96.7	+0.2	0.0	96.9	+0.1	0.0
07 "	1.00			96.4	0.0	0.0	97.9	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	96.0	0.0	0.0	97.6	0.0	0.0	96.5	-0.2	0.0	96.9	0.0	0.0
08 "	1.00			96.3	-0.1	0.0	97.9	0.0	0.0	96.9	+0.2	0.0	96.0	0.0	0.0	97.6	0.0	0.0	96.5	0.0	0.0	97.1	+0.2	0.0
09 "	1.00			96.5	+0.2	0.0	97.9	0.0	0.0	96.9	0.0	0.0	96.0	0.0	0.0	97.6	0.0	0.0	96.5	0.0	0.0	96.8	-0.3	0.0
11 "	1.00			96.3	0.0	0.0	97.9	0.0	0.0	96.6	-0.3	0.0	96.0	0.0	0.0	97.6	0.0	0.0	96.5	0.0	0.0	96.6	-0.2	0.0
12 "	1.00			96.5	0.0	0.0	97.9	0.0	0.0	96.9	+0.3	0.0	96.1	+0.1	0.0	97.8	0.0	0.0	96.7	+0.2	0.0	96.9	+0.3	0.0
12 "	1.00			96.5	0.0	0.0	97.6	-0.1	0.0	96.7	-0.2	0.0	96.1	0.0	0.0	97.5	-0.1	0.0	96.7	0.0	0.0	96.9	0.0	0.0
13 "	1.00			96.4	-0.1	0.0	96.0	+0.2	0.0	96.8	+0.1	0.0	96.1	0.0	0.0	97.7	+0.2	0.0	96.8	+0.1	0.0	97.1	+0.2	0.0
14 "	1.00			96.2	-0.2	0.0	97.9	-0.1	0.0	96.8	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	97.7	0.0	0.0	96.7	-0.1	0.0	97.0	-0.1	0.0
15 "	1.00			96.2	0.0	0.0	97.6	-0.1	0.0	96.9	+0.1	0.0	96.2	+0.1	0.0	97.8	+0.1	0.0	96.9	+0.2	0.0	97.2	+0.2	0.0
16 "	1.00			96.5	+0.3	0.0	96.0	+0.2	0.0	96.9	0.0	0.0	96.2	0.0	0.0	97.8	0.0	0.0	99.0	+0.1	0.0	97.7	+0.5	0.0
18 "	1.00			96.5	0.0	0.0	96.2	+0.2	0.0	97.0	+0.1	0.0	96.2	0.0	0.0	97.9	+0.3	0.0	99.0	0.0	0.0	97.8	+0.1	0.0
19 "	1.00			96.4	-0.1	0.0	96.0	-0.2	0.0	96.8	-0.2	0.0	96.2	0.0	0.0	97.8	-0.1	0.0	99.0	0.0	0.0	97.8	0.0	0.0
20 "	1.00			96.6	+0.2	0.0	96.1	+0.1	0.0	96.9	+0.1	0.0	96.2	0.0	0.0	97.9	+0.1	0.0	99.1	+0.1	0.0	97.8	0.0	0.0
21 "	1.00			96.6	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	96.9	0.0	0.0	96.3	+0.1	0.0	97.9	0.0	0.0	99.0	-0.1	0.0	97.8	0.0	0.0
22 "	1.00			96.3	-0.3	0.0	96.0	-0.1	0.0	96.8	-0.1	0.0	96.2	-0.1	0.0	97.6	-0.3	0.0	96.7	-0.3	0.0	97.4	-0.4	0.0
23 "	1.00			96.3	-0.1	0.0	96.0	0.0	0.0	96.8	0.0	0.0	96.1	-0.1	0.0	97.7	+0.1	0.0	96.8	+0.1	0.0	97.3	-0.1	0.0
25 "	1.00	0.0	0.0	96.7	+0.5	+1.2	96.2	+0.2	+1.1	97.0	+0.2	+0.9	96.2	+0.1	+1.1	96.1	+0.4	1.8	99.4	+0.6	+1.8	96.2	+0.9	0.0

Registros de los puntos de Nivelación durante el desarrollo del enderezado.  
(EJE A).

A-1			A-2			A-3			A-4			A-5			A-6			A-7			A-8			A-9			A-10			COTA NIV.
COTA RELACION	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.
100	00	00	97.5	00	00	97.1	00		96.1	00		95.1	0-0		96.3	00		97.6	00		94.7	00		99.8	00		93.8	00		72.1
100	00	00	97.3	-0.2	-0.2	96.8	-0.3	-0.3	96.2	+0.1		95.1	0-0		96.3	00		97.8	+0.2		94.9	+0.2		90.0	-0.2		83.9	+0.1		72.1
100			98.1	+0.8	+0.8	97.5	+0.7	+0.4	96.8	+0.6		95.6	+0.3		97.0	+0.7	+0.7	96.1	+0.5		94.5	+0.5		91.0	-1.0		84.4	+0.5		72.1
100			98.1	00		97.5	00		96.8	00		95.6	00		97.0	00		96.3	00		95.3	-0.1		91.0	00		84.4	00		72.1
100			98.1	00		97.5	00		96.6	00		95.6	00		97.0	00		96.3	00		95.4	+0.1		91.1	-0.1		84.5	+0.1		72.1
100			98.1	00		97.5	00		96.8	00		95.6	00		97.0	00		96.3	00		95.5	+0.1		91.3	+0.2		84.8	+0.3		73.1
100			98.1	00	+0.6	97.5	00		96.7	-0.1	+0.6	95.5	-0.1		97.0	00		96.2	-0.1		95.6	+0.1		91.4	+0.1		83.0	+0.2		74.1
100			98.1			97.5	00		96.8	+0.1		95.6	+0.1		97.1	+0.1		96.4	+0.2		95.8	+0.2		91.7	-0.3		85.5	-0.3		74.1
100			98.1			97.5	00		96.8	00		95.6	00		97.1	00		96.4	00		95.8	00		91.7	00		85.4	-0.1		74.1
100			98.1	00		97.5	00		96.8	00		95.6	00		97.1	00		96.4	00		95.8	00		91.7	00		85.6	+0.2		75.1
100			98.3	-0.2		97.7	+0.2		96.9	+0.1		96.0	+0.4		97.4	+0.3		96.9	+0.5		96.1	+0.3		92.0	+0.3		85.3	-0.3		75.1
100			98.1	-0.3		97.5	-0.3		96.8	-0.1		95.6	-0.4		97.0	-0.4		96.3	-0.6		96.0	-0.1		92.3	+0.3		86.3	+0.8		76.1
100			98.3	+0.2	+0.8	97.6	+0.1		97.0	+0.2		96.1	+0.5		97.5	+0.5		97.0	+0.7		96.6	+0.6		92.7	-0.4		86.9	+0.8		76.1
100			97.9	-0.4		97.6	00		96.8	-0.2		95.6	-0.3		97.5	-0.2		96.7	-0.3		96.1	-0.5		92.3	-0.4		86.3	-0.3		76.1
100			98.3	+0.4		97.6	00		96.8	00		96.0	+0.2		97.7	+0.4		96.9	+0.2		96.4	+0.3		92.6	+0.3		86.9	+0.3		77.1
100			98.0	-0.3		97.6	00		96.7	-0.1		95.8	-0.2		97.3	-0.4		96.5	-0.4		96.0	-0.4		92.6	+0.6		86.9	00		77.1
100			98.2	+0.2	+0.7	97.6	00		96.8	+0.2		95.8	00		97.4	+0.1		96.6	+0.1		96.1	+0.1		92.8	+0.2		87.2	+0.5		77.1
100			98.2	00		97.6	00		96.7	-0.2		95.7	-0.1		97.3	-0.1		96.2	-0.4		95.4	-0.7		91.6	-1.2		86.6	-0.6		77.1
100			98.2	00		97.1	-0.3		96.5	-0.2		95.1	-0.6		97.1	-0.2		96.1	-0.1		95.2	-0.2		91.6	00		86.8	+0.2		78.1
100			98.1	-0.1		97.3	+0.4		96.6	+0.1		95.6	+0.5		97.1	00		96.3	+0.2		95.7	+0.3		92.9	+1.3		87.7	+0.9		79.1
100			98.1	00		97.7	+0.2		96.5	-0.1		95.5	-0.1		97.2	+0.1		96.1	-0.2		95.5	-0.2		92.3	-0.7		87.7	00		79.1
100			98.2	+0.1		97.7	+0.0		96.8	-0.3		95.7	+0.2		97.2	00		96.2	+0.1		95.6	+0.1		92.5	+0.3		88.4	+0.7		80.1
100			98.0	-0.2		98.0	+0.3		96.6	-0.2		96.0	+0.3		97.5	-0.3		96.6	+0.4		96.8	+1.2		93.8	+1.3		90.2	+1.8		82.1
100			98.3	+0.5		98.0	00		96.9	+0.3		96.2	+0.2		97.8	+0.3		97.1	+0.3		97.1	+0.3		94.8	+1.0		92.0	+1.8		84.1
100			98.3	00		98.0	00		97.0	+0.1		96.0	-0.2		97.7	-0.1		96.9	-0.2		96.8	-0.3		94.4	-0.4		92.0	00		85.1
100			98.3	-0.2		98.0	00		96.7	-0.3		96.1	+0.1		97.7	00		96.5	-0.4		96.8	00		94.8	+0.4		92.0	00		85.1
100			98.4	+0.1		97.9	-0.1		96.7	00		96.0	-0.1		97.6	-0.1		96.7	+0.2		96.9	+0.1		95.1	+0.3		92.8	+0.8		86.1
100			98.4	00		97.9	00		96.7	00		96.0	00		97.6	00		96.5	-0.2		96.9	00		95.2	+0.3		92.9	+0.3		86.1
100			98.3	-0.1		97.9	00		96.9	+0.2		96.0	00		97.6	00		96.5	00		97.1	+0.2		95.5	+0.3		93.0	+0.1		86.1
100			98.5	+0.3		97.9	00		96.9	00		96.0	00		97.6	00		96.5	00		96.8	-0.3		95.2	-0.3		93.1	+0.1		86.1
100			98.5	00		97.9	00		96.6	-0.3		96.0	00		97.6	00		96.5	00		96.6	-0.2		95.0	-0.2		92.6	-0.5		86.1
100			98.5	00		97.9	00		96.9	+0.3		96.1	+0.1		97.6	00		96.7	+0.2		96.9	+0.3		95.5	+0.5		93.2	+0.6		86.1
100			98.5	00		97.8	-0.1		96.7	-0.2		96.1	00		97.5	-0.1		96.7	00		96.9	00		95.9	+0.4		93.5	+0.3		87.1
100			98.1	-0.1		98.0	+0.2		96.8	+0.1		96.1	00		97.7	+0.2		96.8	+0.1		97.1	+0.2		95.4	-0.3		93.2	-0.3		87.1
100			98.2	-0.2		97.9	-0.1		96.8	00		96.1	00		97.7	00		96.7	-0.1		97.0	-0.1		95.2	-0.2		92.7	+0.5		87.1
100			98.2	00		97.9	-0.1		96.9	+0.1		96.2	+0.1		97.8	+0.1		96.9	+0.2		97.2	+0.2		95.7	+0.5		92.7	+1.0		87.1
100			98.5	+0.3		98.0	+0.2		96.9	00		96.2	00		97.8	00		97.0	00		97.7	+0.3		96.3	+0.8		93.8	+1.1		87.1
100			98.5	00		98.2	+0.2		97.0	+0.1		96.2	00		97.9	+0.1		97.0	00		97.8	+0.1		96.6	+0.1		95.0	+0.2		87.1
100			98.4	-0.1		98.0	-0.2		96.8	-0.2		96.2	00		97.8	-0.1		97.0	00		97.8	00		96.6	00		94.8	-0.2		87.1
100			98.6	+0.2		98.1	+0.1		96.9	+0.1		96.2	00		97.9	+0.1		97.1	+0.1		97.8	00		96.4	-0.2		94.1	-0.8		87.1
100			98.6	00		98.1	00		96.9	00		96.3	+0.1		97.9	00		97.0	-0.1		97.8	00		96.8	00		94.3	+0.1		87.1
100			98.3	-0.3		98.0	-0.1		96.8	-0.1		96.2	-0.1		97.6	-0.3		96.7	-0.3		97.4	-0.4		96.1	-0.5		94.0	-0.5		87.1
100			98.2	-0.1		98.0	00		96.8	00		96.1	-0.1		97.7	+0.1		96.8	+0.1		97.3	-0.1		96.5	+0.2		94.2	+0.2		87.1
100	00	00	98.7	+0.5	+1.2	98.2	+0.3	+1.1	97.0	+0.2	+0.9	96.3	+0.1	+1.1	98.1	+0.8	+1.8	99.4	+0.6	+1.8	98.2	+0.9	+3.5	97.1	+0.8	+7.5	95.4	+1.2	+11.6	89.1

Z. M.	A-5			A-6			A-7			A-8			A-9			A-10			A-11			A-12			FECHA 1980
	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	
	95.1	0-0		96.3	0.0		97.6	0.0		94.7	0.0		89.8	0.0		83.8	0.0		72.3	0.0		63.8	0.0		23-ABRIL
	95.1	0-0		96.3	0.0		97.8	+0.2		94.9	+0.2		90.0	-0.2		83.9	+0.1		72.1	-0.1		63.8	0.0		08-MAYO
	95.8	+0.5		97.0	+0.7	+0.7	96.3	+0.5		94.5	+0.5		91.0	-1.0		84.4	+0.5		72.3	+0.2		63.8	0.0		09 "
	95.6	0.0		97.0	0.0		96.3	0.0		95.3	-0.1		91.0	0.0		84.4	0.0		72.2	-0.1		63.8	0.0		10 "
	95.6	0.0		97.0	0.0		96.3	0.0		95.4	+0.1		91.1	-0.1		84.5	-0.1		72.1	-0.1		60.9	+1.1		11 "
	95.8	0.0		97.0	0.0		96.3	0.0		95.5	+0.1		91.3	+0.2		84.8	+0.3		73.8	+1.7		66.7	+1.8		12 "
0.6	95.5	-0.1		97.0	0.0		96.2	-0.1		95.6	+0.1		91.4	-0.1		85.0	-0.1		74.4	+0.6		66.3	-0.4		14 "
	95.6	-0.1		97.1	+0.1		96.4	+0.2		95.8	+0.2		91.7	-0.5		85.5	+0.5		74.6	+0.2		66.6	+0.3		15 "
	95.8	0.0		97.1	0.0		96.4	0.0		95.8	0.0		91.7	0.0		85.4	-0.1		74.6	0.0		66.6	0.0		16 "
	95.8	0.0		97.1	0.0		96.4	0.0		95.8	0.0		91.7	0.0		85.6	+0.2		75.0	+0.4		67.3	+0.7		17 "
	96.0	+0.4		97.4	+0.3		96.9	+0.5		96.1	+0.3		92.0	+0.5		85.3	-0.3		75.7	+0.7		68.1	+0.8		18 "
	95.8	-0.4		97.0	-0.4		96.3	-0.6		96.0	-0.1		92.3	-0.3		86.1	+0.8		76.0	+0.3		68.0	-0.1		19 "
	96.1	+0.5		97.5	+0.5		99.0	+0.7		96.6	+0.8		92.7	+0.4		86.9	+0.8		76.9	+0.9		69.7	+1.7		21 "
	95.8	-0.3		97.5	-0.2		96.7	-0.3		96.1	-0.5		92.3	-0.4		86.3	-0.5		76.3	-0.6		68.4	-1.3		22 "
	96.0	+0.2		97.7	+0.4		96.9	+0.2		96.4	+0.3		92.6	+0.3		86.9	+0.3		77.1	+0.8		68.9	+0.5		25 "
	95.8	-0.2		97.3	-0.4		96.5	-0.4		96.0	-0.4		92.6	+0.6		86.9	0.0		77.3	+0.2		68.6	-0.3		24 "
	95.8	0.0		97.4	+0.1		96.6	+0.1		96.1	+0.1		92.8	+0.2		87.3	+0.3		77.6	+0.3		70.6	+2.0		25 "
	95.7	-0.1		97.3	-0.1		96.2	-0.4		95.4	-0.7		91.6	-1.2		86.6	-0.6		77.8	+0.2		70.7	+0.1		26 "
	95.1	-0.6		97.1	-0.2		96.1	-0.1		95.2	-0.2		91.6	0.0		86.8	+0.2		78.1	+0.3		71.3	+0.5		28 "
	95.6	+0.5		97.1	0.0		96.3	+0.2		95.7	+0.5		92.9	-1.1		87.7	+0.9		79.0	+0.9		72.4	+1.2		29 "
	95.5	-0.1		97.5	+0.1		96.1	-0.2		95.5	-0.2		92.2	-0.7		87.1	0.0		79.6	+0.6		73.1	+0.7		30 "
	95.7	+0.2		97.2	0.0		96.1	+0.1		95.6	+0.1		92.5	+0.3		88.4	+0.7		80.2	+0.6		73.8	+0.7		31 "
	96.0	+0.3		97.5	-0.3		96.6	+0.4		96.8	+1.2		93.8	+1.3		90.2	+1.8		82.9	+2.7		76.6	+2.8		01-JUNIO
	96.2	+0.2		97.6	+0.3		99.1	+0.5		97.1	+0.3		94.8	+1.0		92.0	+1.8		84.9	+2.0		79.3	+2.7		02 "
	96.0	-0.2		97.7	-0.1		96.9	-0.2		96.4	-0.3		94.4	-0.4		92.0	0.0		85.0	+0.1		79.6	+0.3		04 "
	96.1	+0.1		97.7	0.0		96.5	-0.4		96.8	0.0		94.8	+0.4		92.0	0.0		85.5	+0.5		79.9	+0.3		05 "
	96.0	-0.1		97.6	-0.1		96.7	+0.2		96.9	+0.1		95.1	-0.3		92.6	+0.8		86.2	+0.7		80.2	+0.3		06 "
	96.0	0.0		97.6	0.0		96.5	-0.2		96.8	0.0		95.2	+0.1		92.9	+0.3		86.5	+0.3		80.7	+0.5		07 "
	96.0	0.0		97.6	0.0		96.5	0.0		97.1	+0.2		95.3	-0.1		93.0	+0.1		86.5	0.0		81.0	+0.5		08 "
	96.0	0.0		97.6	0.0		96.5	0.0		96.4	-0.3		95.2	-0.3		93.1	+0.1		86.7	+0.2		81.0	0.0		09 "
	96.0	0.0		97.6	0.0		96.5	0.0		96.6	-0.7		95.0	-1.2		92.6	-0.5		86.5	-0.2		81.0	0.0		11 "
	96.1	+0.1		97.6	0.0		96.7	+0.2		96.9	+0.3		95.3	+0.5		93.2	+0.6		86.9	+0.4		81.4	+0.4		12 "
	96.1	0.0		97.3	-0.1		96.7	0.0		96.9	0.0		95.9	+0.4		93.5	+0.3		87.3	+0.4		82.3	+0.9		12 "
	96.1	0.0		97.7	+0.2		96.6	+0.1		97.1	+0.2		95.4	-0.5		93.2	-0.3		86.9	-0.4		81.4	-0.9		13 "
	96.1	0.0		97.7	0.0		96.7	-0.1		97.0	-0.1		95.2	-0.2		92.7	+0.5		86.7	-0.2		81.1	-0.3		14 "
	96.2	+0.1		97.8	+0.1		96.9	+0.2		97.2	+0.2		95.7	-0.5		97.2	+1.0		87.8	+1.1		82.7	+1.6		15 "
	96.2	0.0		97.8	0.0		99.0	+0.1		97.7	+0.5		96.5	+0.8		94.8	+1.1		89.3	+1.5		84.1	+1.4		16 "
	96.2	0.0		97.9	+0.1		99.0	0.0		97.8	+0.1		96.6	0.1		95.0	+0.2		89.2	-0.1		84.0	-0.1		18 "
	96.2	0.0		97.8	-0.1		99.0	0.0		97.8	0.0		96.6	0.0		94.8	-0.2		88.9	-1.3		83.6	-0.4		19 "
	96.2	0.0		97.9	+0.1		99.1	+0.1		97.8	0.0		96.4	-0.2		94.1	-0.4		88.2	-0.7		83.0	-0.6		20 "
	96.3	+0.1		97.8	0.0		99.0	-0.1		97.8	0.0		96.6	+0.2		94.5	+0.1		88.3	+0.1		82.9	-0.1		21 "
	96.2	-0.1		97.6	-0.3		96.7	-0.3		97.4	-0.4		96.1	-0.5		94.0	-0.5		88.0	-0.3		82.6	-0.3		22 "
	96.1	-0.1		97.7	+0.1		96.8	+0.1		97.3	-0.1		96.3	+0.2		94.2	+0.2		88.3	+0.3		82.9	+0.3		23 "
1.1	96.2	+0.1	+1.1	98.1	+0.4	1.6	99.4	+0.6	+1.8	98.2	+0.9	+3.5	97.1	+0.6	+7.3	95.4	+1.2	+11.6	93.0	+1.7	+17.7	85.0	+2.1	+23.2	25 "

TABLA IV.2 Registros de los puntos de Nivelación durante el desarrollo del enderezado.  
(EJE B).

FECHA 1990	B-1			B-2			B-3			B-4			B-5			B-6			B-7		
	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.
23-ABRIL	99.1	0.0	0.0	97.8	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0
06-MAYO	99.1	0.0		97.8	0.0		96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0
09 "	99.1	0.0		97.8	0.0		96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0
10 "	99.1	0.0		97.8	0.0		96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0
11 "	99.1	0.0		97.6	-0.2		96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.8	+0.1	+0.1
12 "	99.0	-0.1		97.2	-0.4	-0.6	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	-0.1	-0.1
14 "	98.7	-0.3	-0.4	97.2	0.0		96.2	-0.4	-0.4	95.7	+0.1	+0.1	93.0	-0.2	-0.2	93.5	0.0	0.0	93.4	-0.3	-0.3
15 "	99.0	+0.3		97.3	+0.1		96.3	+0.1		95.5	-0.2		93.0	0.0		93.5	0.0		93.7	+0.1	
16 "	99.0	0.0		97.3	+0.0		96.3	+0.2		95.5	0.0		93.0	0.0		93.3	-0.2		93.5	-0.2	
17 "	99.0	0.0		97.7	+0.4		96.5	0.0		95.5	0.0		93.0	0.0		93.3	0.0		93.5	0.0	
18 "	99.0	0.0		97.8	+0.1		96.6	+0.1		95.7	+0.2		93.3	+0.3		93.8	+0.5		94.0	+0.5	
19 "	99.1	+0.1		97.5	-0.3		96.6	0.0		95.6	-0.1		93.2	-0.1		93.5	-0.3		93.5	-0.7	
21 "	99.0	-0.1		97.0	-0.5		96.6	0.0		95.7	+0.1		93.4	+0.2		94.3	+0.8		94.4	+1.1	
22 "	98.5	-0.5		97.1	+0.1		96.3	-0.3		95.7	0.0		93.0	-0.4		93.9	-0.4		93.9	-0.3	
23 "	98.6	+0.1		97.0	-0.1		96.4	+0.1		95.9	+0.2		93.4	+0.4		93.9	0.0		94.3	+0.4	
24 "	98.5	-0.1		97.2	+0.2	-0.6	96.5	+0.1		95.7	-0.2		93.5	-0.1		93.8	-0.1		94.2	-0.1	
25 "	98.7	+0.2	-0.4	97.3	+0.1		96.7	+0.2		95.9	+0.2	+0.3	93.4	+0.1	+0.2	93.9	+0.1	+0.4	94.4	+0.2	
26 "	98.6	-0.1		97.2	-0.1		96.7	0.0		96.0	+0.1		93.4	0.0		93.8	-0.1		93.4	-1.0	
28 "	98.6	0.0		97.4	+0.2		96.5	-0.2		95.8	-0.2		93.1	-0.3		93.4	-0.4		93.6	+0.2	
29 "	98.6	0.0		97.5	-0.1		96.5	0.0		95.8	0.0		93.2	+0.1		93.8	+0.4		94.0	+0.4	
30 "	98.6	0.0		97.2	-0.1		96.7	+0.2		95.6	-0.2		93.3	-0.1		93.6	-0.2		93.6	-0.4	
31 "	98.6	0.0		97.2	0.0		96.5	-0.2		95.7	+0.1		93.4	+0.2		93.8	+0.2		93.7	+0.1	
01-JUNIO	98.4	-0.2		97.5	+0.3		96.5	0.0		95.7	0.0		93.2	-0.2		94.0	+0.2		94.3	+0.6	
02 "	98.4	+0.3		97.5	0.0		97.0	+0.3		96.2	+0.3		93.7	+0.3		94.4	+0.4		94.3	+0.2	
04 "	98.7	-0.2		97.3	-0.2		96.9	-0.1		96.1	-0.1		93.7	0.0		94.3	-0.1		94.5	0.0	
05 "	98.6	-0.1		97.3	0.0		96.9	0.0		96.1	0.0		93.7	0.0		94.2	-0.1		94.5	0.0	
06 "	98.6	0.0		97.3	0.0		96.7	-0.2		95.9	-0.2		93.6	-0.1		94.1	-0.1		94.4	-0.1	
07 "	98.6	0.0		97.3	0.0		96.7	0.0		95.9	0.0		93.6	0.0		94.1	0.0		94.5	+0.1	
09 "	98.9	+0.3		97.5	+0.2		96.7	0.0		95.9	0.0		93.5	-0.1		93.9	-0.2		94.3	-0.2	
09 "	98.8	-0.1		97.5	0.0		96.7	0.0		95.9	0.0		93.7	+0.2		94.2	+0.3		94.4	+0.1	
11 "	98.7	-0.2		97.6	-0.1		96.9	+0.2		95.9	0.0		93.5	-0.2		94.0	-0.2		94.4	0.0	
12 "	98.8	+0.1		97.6	0.0		96.9	0.0		96.2	+0.3		93.7	+0.2		94.2	+0.2		94.4	0.0	
12 "	98.8	0.0		97.5	-0.1		96.7	-0.2		96.2	0.0		93.7	0.0		94.0	-0.2		94.5	+0.1	
13 "	98.8	0.0		97.3	0.0		96.9	+0.2		95.9	-0.3		93.5	-0.2		94.2	+0.2		94.6	+0.1	
14 "	98.6	-0.2		97.6	+0.1		96.9	0.0		96.2	+0.3		93.8	-0.1		94.1	-0.1		94.5	-0.1	
15 "	98.6	0.0		97.5	-0.1		96.9	0.0		96.0	-0.2		93.7	-0.1		94.3	0.0		94.4	-0.1	
16 "	98.6	0.0		97.7	+0.2		96.9	0.0		96.0	0.0		94.1	+0.4		94.4	+0.3		94.9	+0.5	
18 "	98.7	+0.1		97.8	+0.1		97.0	+0.1		96.2	+0.2		93.9	-0.2		94.4	0.0		94.8	-0.1	
19 "	98.8	+0.1		97.9	+0.1		97.1	+0.1		96.4	+0.2		94.0	+0.1		94.6	+0.2		95.2	+0.4	
20 "	98.8	0.0		98.1	+0.3		97.3	0.0		96.4	0.0		94.1	+0.1		94.8	+0.2		95.3	+0.1	
21 "	98.8	0.0		98.3	+0.5		97.3	+0.2		96.4	0.0		94.3	+0.2		94.7	-0.1		95.3	0.0	
22 "	98.9	+0.1		98.6	+0.1		97.0	-0.3		96.5	+0.1		94.1	-0.2		94.7	0.0		95.0	-0.3	
23 "	99.7	-0.2		98.6	0.0		97.0	0.0		96.3	-0.2		94.2	+0.1		94.6	-0.1		95.0	0.0	
25 "	98.8	+0.1	-0.3	98.8	+0.2	+0.1	97.4	+0.4	+0.8	96.5	+0.2	+0.9	94.1	+0.6	+2.6	95.4	+0.8	+1.9	95.4	+0.8	+2.1

puntos de Nivelación durante el desarrollo del enderezado.

B-2			B-3			B-4			B-5			B-6			B-7			B-8			B-9			B-10			B-11			B-12		
COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.
97.8	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	99.8	0.0	0.0	84.1	0.0	0.0	76.7	0.0	0.0	63.8	0.0	0.0	55.9	0.0	0.0
97.8	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	90.0	+0.2	+0.2	84.2	+0.1	+0.1	76.8	+0.1	+0.1	63.7	-0.1	-0.1	55.8	-0.1	-0.1
97.8	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	90.6	+0.6	+0.8	84.8	+0.6	+0.7	77.3	+0.5	+0.6	63.9	+0.2	+0.1	55.9	0.0	0.0
97.8	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	90.3	-0.3	-0.3	84.7	-0.1	-0.1	77.4	+0.1	-0.1	65.0	+1.1	-0.1	56.1	0.0	0.0
97.8	0.0	0.0	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.8	+0.1	+0.1	90.3	0.0	0.0	84.9	+0.2	-0.1	77.0	-0.4	-0.1	64.9	-0.1	-0.1	55.9	-0.1	-0.1
97.6	-0.2	-0.2	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.7	-0.1	-0.1	90.3	0.0	0.0	84.8	-0.1	-0.1	77.3	+0.3	-0.1	65.3	+0.4	-0.1	56.7	0.0	0.0
97.2	-0.4	-0.6	96.6	0.0	0.0	95.6	0.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.4	-0.3	-0.1	90.1	-0.2	+0.3	84.8	0.0	0.0	77.6	+0.1	+0.7	65.6	+0.3	+1.8	57.2	0.0	0.0
97.2	0.0	0.0	96.2	-0.4	-0.4	95.7	+0.1	+0.1	93.0	-0.2	-0.2	93.3	0.0	0.0	93.7	+0.3	0.0	90.2	+0.1	0.0	85.1	+0.3	+0.3	77.8	+0.4	0.0	65.7	+0.1	0.0	56.7	-0.1	-0.1
97.3	+0.1	0.0	96.3	+0.1	0.0	95.5	-0.2	0.0	93.0	0.0	0.0	93.3	-0.2	0.0	93.5	-0.2	0.0	90.3	+0.1	0.0	85.0	-0.1	0.0	77.4	-0.4	0.0	65.5	-0.2	0.0	56.6	-0.1	-0.1
97.3	+0.0	0.0	96.5	+0.2	0.0	95.5	0.0	0.0	93.0	0.0	0.0	93.3	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	90.3	0.0	0.0	85.1	+0.1	+1.0	77.9	+0.5	+1.2	66.2	+0.7	+2.4	57.8	0.0	0.0
97.7	+0.4	0.0	96.5	0.0	0.0	95.5	0.0	0.0	93.0	0.0	0.0	93.3	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	90.8	+0.5	0.0	85.4	+0.3	0.0	78.4	+0.5	0.0	67.2	+0.1	0.0	59.2	0.0	0.0
97.8	+0.1	0.0	96.6	+0.1	0.0	95.7	+0.2	0.0	93.3	+0.3	0.0	93.8	+0.5	0.0	94.0	+0.5	0.0	90.5	-0.2	0.0	85.2	-0.2	0.0	78.8	+0.5	0.0	67.3	+0.1	0.0	59.4	0.0	0.0
97.5	-0.3	-0.3	96.6	0.0	0.0	95.6	-0.1	0.0	93.2	-0.1	0.0	93.5	-0.3	0.0	94.3	+0.8	0.0	90.5	-0.2	0.0	85.2	-0.2	0.0	78.8	+0.5	0.0	67.3	+0.1	0.0	59.4	0.0	0.0
97.0	-0.5	-0.5	96.6	0.0	0.0	95.7	+0.1	0.0	93.4	+0.2	0.0	94.3	+0.8	0.0	94.4	+1.1	0.0	91.2	+1.2	0.0	86.6	+0.4	0.0	79.8	+1.0	0.0	68.6	+0.3	0.0	60.8	0.0	0.0
97.1	+0.1	0.0	96.3	-0.3	0.0	95.7	0.0	0.0	93.0	-0.4	0.0	93.9	-0.4	0.0	94.3	+0.4	0.0	90.8	-0.4	0.0	86.1	0.0	0.0	78.5	-1.4	0.0	67.5	-1.1	0.0	59.4	0.0	0.0
97.0	-0.1	0.0	96.4	+0.1	0.0	95.8	+0.2	0.0	93.4	+0.4	0.0	93.9	0.0	0.0	94.3	+0.4	0.0	90.9	+0.1	0.0	86.3	-0.3	0.0	79.8	+1.3	0.0	68.1	+0.6	0.0	61.1	0.0	0.0
97.2	+0.2	-0.6	96.5	+0.1	0.0	95.7	-0.2	0.0	93.3	-0.1	0.0	93.8	-0.1	0.0	94.2	-0.1	0.0	90.7	-0.2	0.0	85.9	-0.4	0.0	79.3	-0.3	0.0	68.9	+0.8	0.0	61.0	-0.1	-0.1
97.3	+0.1	0.0	96.7	+0.2	0.0	95.9	+0.2	+0.3	93.4	+0.1	+0.2	93.9	+0.1	+0.4	94.4	+0.2	0.0	90.9	+0.2	0.0	86.4	-0.5	+2.3	80.1	+0.8	+3.4	69.7	+0.8	+3.9	62.0	0.0	0.0
97.3	-0.1	0.0	96.7	+0.2	0.0	95.9	+0.2	0.0	93.4	+0.1	0.0	93.8	-0.1	0.0	94.4	+0.2	0.0	90.6	-0.3	0.0	85.9	-0.5	0.0	80.1	0.0	0.0	70.4	+0.7	0.0	62.8	0.0	0.0
97.3	-0.1	0.0	96.7	+0.2	0.0	95.9	+0.2	0.0	93.4	+0.1	0.0	93.8	-0.1	0.0	94.4	+0.2	0.0	90.2	-0.4	0.0	85.6	-0.5	0.0	80.1	0.0	0.0	70.6	+0.2	0.0	63.4	0.0	0.0
97.4	+0.2	0.0	96.5	-0.2	0.0	95.8	-0.2	0.0	93.1	-0.3	0.0	93.8	-0.4	0.0	94.0	-0.4	0.0	90.8	+0.6	0.0	86.7	+1.1	0.0	82.0	+1.9	0.0	71.9	+1.3	0.0	64.8	0.0	0.0
97.3	-0.1	0.0	96.5	0.0	0.0	95.8	0.0	0.0	93.2	+0.1	0.0	93.6	-0.2	0.0	93.6	-0.4	0.0	90.8	0.0	0.0	86.5	-0.2	0.0	81.5	-0.5	0.0	72.3	+0.4	0.0	65.6	0.0	0.0
97.2	-0.1	0.0	96.7	+0.2	0.0	95.6	-0.2	0.0	93.1	-0.1	0.0	93.8	+0.2	0.0	93.7	+0.1	0.0	90.1	0.0	0.0	86.8	+0.3	0.0	82.0	+0.5	0.0	73.0	+0.7	0.0	66.1	0.0	0.0
97.2	0.0	0.0	96.5	-0.2	0.0	95.7	+0.1	0.0	93.4	+0.2	0.0	94.0	+0.2	0.0	94.3	+0.6	0.0	91.3	+0.7	0.0	87.9	+1.1	0.0	84.0	+2.0	0.0	75.6	+2.8	0.0	69.0	0.0	0.0
97.5	+0.3	0.0	96.5	0.0	0.0	95.7	0.0	0.0	93.2	-0.2	0.0	94.0	+0.2	0.0	94.5	+0.2	0.0	92.3	+0.8	0.0	89.3	+1.6	0.0	85.8	+1.8	0.0	77.8	+2.2	0.0	71.6	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	97.0	+0.5	0.0	96.2	+0.5	0.0	93.7	+0.5	0.0	94.3	-0.1	0.0	94.5	0.0	0.0	92.4	+0.1	+2.6	89.4	+0.1	+5.3	86.3	+0.5	+9.6	78.6	+0.8	+14.8	72.3	0.0	0.0
97.3	-0.2	0.0	96.9	-0.1	0.0	96.1	-0.1	0.0	93.7	0.0	0.0	94.2	-0.1	0.0	94.5	0.0	0.0	92.2	-0.2	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.3	0.0	0.0	78.4	+0.2	0.0	72.9	0.0	0.0
97.3	0.0	0.0	96.9	0.0	0.0	96.1	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	94.2	-0.1	0.0	94.5	0.0	0.0	92.2	-0.2	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.3	0.0	0.0	78.4	+0.2	0.0	72.9	0.0	0.0
97.3	0.0	0.0	96.7	-0.2	0.0	95.9	-0.2	0.0	93.6	-0.1	0.0	94.1	-0.1	0.0	94.4	-0.1	0.0	92.4	+0.2	0.0	89.6	+0.3	0.0	87.0	+0.7	0.0	79.5	+0.7	0.0	73.8	0.0	0.0
97.3	0.0	0.0	96.7	-0.2	0.0	95.9	-0.2	0.0	93.6	-0.1	0.0	94.1	-0.1	0.0	94.4	-0.1	0.0	92.3	-0.1	0.0	89.4	-0.2	+5.3	86.9	-0.1	+10.2	80.2	+0.7	+16.4	74.4	0.0	0.0
97.3	0.0	0.0	96.7	-0.2	0.0	95.9	-0.2	0.0	93.6	-0.1	0.0	94.1	-0.1	0.0	94.4	-0.1	0.0	92.3	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	+0.2	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	+0.2	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9	0.0	0.0	93.5	-0.1	0.0	94.2	+0.1	0.0	94.4	+0.1	0.0	92.2	-0.1	0.0	89.3	-0.1	0.0	86.5	-0.4	0.0	79.0	-1.2	0.0	73.1	0.0	0.0
97.5	0.0	0.0	96.7	0.0	0.0	95.9																										

B-6			B-7			B-8			B-9			B-10			B-11			B-12			FECHA	
COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	COTA NIV.	MOV. PARCIAL	MOV. ACUM.	FECHA	
93.3	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	93.8	0.0	0.0	84.1	0.0	0.0	76.7	0.0	0.0	63.8	0.0	0.0	55.9	0.0	0.0	0.0	23-ABRIL
93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	93.8	+0.2	+0.2	84.2	+0.1	+0.1	76.8	+0.1	+0.1	63.7	-0.1	-0.1	55.8	-0.1	-0.1	0.0	06-MAYO
93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	93.6	+0.6	+0.6	84.8	+0.6	+0.7	77.3	+0.5	+0.6	63.9	+0.2	+0.1	55.9	+0.1	0.0	0.0	09 "
93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	93.6	0.0	0.0	84.8	0.0	0.0	77.3	0.0	0.0	63.9	0.0	0.0	55.9	0.0	0.0	0.0	10 "
93.5	0.0	0.0	93.7	0.0	0.0	93.3	-0.3	-0.3	84.7	-0.1	-0.1	77.4	+0.1	0.0	63.0	+1.1	0.0	56.1	+0.2	0.0	0.0	11 "
93.5	0.0	0.0	93.8	+0.1	+0.1	93.3	0.0	0.0	84.9	+0.2	0.0	77.0	-0.4	-0.4	64.9	-0.1	-0.1	56.7	+0.8	0.0	0.0	12 "
93.5	0.0	0.0	93.7	-0.1	-0.1	93.3	0.0	0.0	84.8	-0.1	-0.1	77.3	+0.3	0.0	65.3	+0.4	0.0	57.2	+0.5	+1.3	0.0	14 "
93.5	0.0	0.0	93.4	-0.3	-0.3	93.1	-0.2	+0.3	84.8	0.0	0.0	77.4	+0.1	-0.7	65.6	-0.3	+1.8	56.7	-0.5	1.5	0.0	15 "
93.5	0.0	0.0	93.7	+0.3	+0.3	93.2	+0.1	0.0	85.1	+0.3	0.0	77.8	+0.4	0.0	65.7	+0.1	0.0	56.8	-0.1	1.6	0.0	16 "
93.3	-0.2	-0.2	93.5	-0.2	-0.2	93.3	+0.1	0.0	85.0	-0.1	-0.1	77.4	-0.4	-0.4	65.5	-0.2	-0.2	57.8	+1.2	+1.9	0.0	17 "
93.3	0.0	0.0	93.5	0.0	0.0	93.3	0.0	0.0	85.1	+0.1	+1.0	77.9	+0.3	+1.2	66.2	+0.7	+2.4	57.8	+1.2	1.9	0.0	17 "
93.8	+0.3	+0.3	94.0	+0.5	+0.5	93.8	+0.3	0.0	85.4	+0.3	0.0	78.4	+0.5	0.0	67.2	+0.1	0.0	59.3	+1.4	1.8	0.0	18 "
93.5	-0.3	-0.3	93.3	-0.7	-0.7	93.6	-0.2	-0.2	85.2	-0.2	-0.2	78.9	+0.5	0.0	67.3	+0.1	0.0	59.4	+0.2	1.9	0.0	19 "
94.3	+0.8	+0.8	94.4	+1.1	+1.1	91.2	+1.2	+1.2	86.6	+0.4	0.0	79.9	+1.0	0.0	68.6	+0.3	0.0	60.8	+1.2	+4.9	0.0	21 "
93.9	-0.4	-0.4	93.9	-0.5	-0.5	93.8	-0.4	-0.4	86.6	0.0	0.0	78.5	-1.4	-1.4	67.5	-1.1	-1.1	59.4	-0.6	-5.2	0.0	23 "
93.9	0.0	0.0	94.3	+0.4	+0.4	93.9	+0.1	0.0	86.3	-0.3	-0.3	79.8	+1.3	0.0	68.1	+0.6	0.0	61.1	+0.7	+5.2	0.0	23 "
93.8	-0.1	-0.1	94.2	-0.1	-0.1	93.7	-0.2	-0.2	85.9	-0.4	-0.4	79.3	-0.5	-0.5	68.1	+0.8	0.0	61.0	-0.1	2.4	0.0	24 "
93.9	+0.1	+0.4	94.4	+0.2	+0.2	93.9	+0.2	0.0	86.4	-0.5	+2.1	80.1	+0.8	+3.4	69.7	+0.8	+5.9	62.0	+1.0	+6.1	0.0	25 "
93.8	-0.1	-0.1	93.4	-1.0	-1.0	93.6	-0.1	-0.1	85.9	-0.5	-0.5	80.1	0.0	0.0	70.4	+0.7	0.0	62.9	+0.8	7.5	0.0	28 "
93.4	-0.4	-0.4	93.6	+0.2	+0.2	93.2	-0.4	-0.4	85.6	-0.3	-0.3	80.1	0.0	0.0	70.6	+0.2	0.0	63.4	+0.6	+8.9	0.0	29 "
93.8	+0.4	+0.4	94.0	+0.4	+0.4	93.6	+0.6	+0.6	86.7	+1.1	+1.1	82.0	+1.9	+1.9	71.9	+1.3	+1.3	64.8	+1.2	+9.7	0.0	30 "
93.6	-0.2	-0.2	93.6	-0.4	-0.4	93.8	0.0	0.0	86.5	-0.2	-0.2	81.5	-0.5	-0.5	72.3	+0.4	0.0	65.6	+0.8	+10.2	0.0	31 "
93.8	+0.2	+0.2	93.7	+0.1	+0.1	93.8	0.0	0.0	86.8	+0.3	+0.3	82.0	+0.5	+0.5	73.0	+0.7	+0.7	66.1	+0.5	+13.1	0.0	01-JUNIO
94.0	+0.2	+0.2	94.3	+0.6	+0.6	91.5	+0.7	+0.7	87.9	+1.1	+1.1	84.0	+2.0	+2.0	75.6	+2.6	+2.6	69.0	+2.9	+15.7	0.0	02 "
94.4	+0.4	+0.4	94.5	+0.2	+0.2	92.3	+0.8	+0.8	89.3	+1.6	+1.6	85.8	+1.8	+1.8	77.8	+2.2	+2.2	71.6	+2.8	+16.4	0.0	04 "
94.3	-0.1	-0.1	94.5	0.0	0.0	92.4	+0.1	+2.6	89.4	+0.1	+5.3	86.3	+0.5	+9.6	78.6	+0.8	+14.8	72.3	+0.7	0.0	0.0	05 "
94.2	-0.1	-0.1	94.5	0.0	0.0	92.2	-0.2	-0.2	89.3	-0.1	-0.1	86.3	0.0	0.0	78.8	+0.2	0.0	72.9	+0.6	0.0	0.0	06 "
94.1	-0.1	-0.1	94.4	-0.1	-0.1	92.4	+0.2	+0.2	89.6	+0.3	+0.3	87.0	+0.7	+0.7	79.5	+0.7	+0.7	73.1	+0.9	+18.5	0.0	07 "
93.9	-0.2	-0.2	94.5	+0.1	+0.1	92.3	-0.1	-0.1	89.4	-0.2	+5.3	86.9	-0.1	+10.2	80.2	-0.7	+16.4	74.4	+0.6	0.0	0.0	09 "
94.2	+0.3	+0.3	94.4	+0.1	+0.1	92.2	0.0	0.0	89.7	-0.4	-0.4	87.3	+0.8	+0.8	80.1	+1.1	+1.1	74.1	-0.3	+18.2	0.0	11 "
94.0	-0.2	-0.2	94.4	0.0	0.0	92.2	0.0	0.0	89.5	-0.2	-0.2	87.0	-0.3	-0.3	80.0	-0.1	-0.1	74.1	-0.3	+18.7	0.0	12 "
94.2	+0.2	+0.2	94.4	0.0	0.0	92.3	+0.3	+0.3	90.2	+0.7	+0.7	87.5	+0.5	+0.5	80.4	+0.4	+0.4	74.6	+0.5	+19.4	0.0	12 "
94.0	-0.2	-0.2	94.5	+0.1	+0.1	92.7	+0.2	+0.2	90.5	+0.3	+0.3	87.9	+0.4	+0.4	81.0	+0.8	+17.2	75.3	+0.7	1.3	0.0	13 "
94.2	+0.2	+0.2	94.6	+0.1	+0.1	92.5	-0.2	-0.2	90.0	-0.5	-0.5	87.6	-0.3	-0.3	80.4	-0.6	-0.6	74.8	+0.2	1.4	0.0	14 "
94.1	-0.1	-0.1	94.5	-0.1	-0.1	92.4	-0.1	-0.1	89.9	-0.1	-0.1	87.5	-0.1	-0.1	80.7	+0.3	+0.3	74.8	+0.2	+19.9	0.0	15 "
94.1	0.0	0.0	94.4	-0.1	-0.1	93.3	+0.9	+0.9	89.7	-0.2	-0.2	87.5	-0.1	-0.1	81.5	+1.8	+1.8	75.8	+1.0	+21.7	0.0	16 "
94.4	+0.3	+0.3	94.9	-0.3	-0.3	93.2	-0.1	-0.1	91.0	+0.3	+0.3	89.2	+1.7	+1.7	83.1	+1.6	+1.6	77.7	+0.1	1.8	0.0	18 "
94.4	0.0	0.0	94.8	-0.1	-0.1	93.7	+0.5	+0.5	91.3	+0.3	+0.3	89.6	+0.4	+0.4	83.2	+0.1	+0.1	79.0	+1.3	+21.1	0.0	19 "
94.8	+0.3	+0.3	95.2	+0.4	+0.4	94.1	+0.4	+0.4	92.1	+0.8	+0.8	90.6	+1.0	+1.0	84.3	+2.1	+2.1	78.6	-0.4	2.0	0.0	20 "
94.8	+0.2	+0.2	95.3	+0.1	+0.1	94.1	0.0	0.0	92.1	0.0	0.0	90.8	+0.2	+0.2	84.3	+0.1	+0.1	78.9	+0.3	2.2	0.0	22 "
94.7	-0.1	-0.1	95.3	0.0	0.0	93.9	-0.2	-0.2	92.4	+0.3	+0.3	90.8	+0.2	+0.2	83.7	+0.4	+0.4	78.4	-0.5	2.3	0.0	23 "
94.7	0.0	0.0	95.0	-0.3	-0.3	94.8	+1.0	+1.0	91.7	-0.7	-0.7	90.0	-0.8	-0.8	84.0	+0.3	+0.3	78.4	0.0	2.3	0.0	23 "
94.6	-0.1	-0.1	95.0	0.0	0.0	94.8	+1.0	+1.0	92.0	+0.3	+0.3	92.1	+2.2	+2.2	84.0	+0.3	+0.3	80.5	+2.1	+24.6	0.0	25 "
95.4	+0.8	+1.9	95.8	+0.8	+2.1	94.8	0.0	+5.0	92.8	+0.8	+1.7	91.4	-0.8	+14.7	85.7	+1.7	+21.9	80.5	+2.1	24.6	0.0	25 "

En este período de poco más de dos meses del 23 de abril al 25 de junio de 1990 el edificio en estudio fue rehabilitado en lo que respecta a su horizontalidad aplicando la tecnología y técnica mexicana cuya patente pertenece a Pilotes de Control, S.A. La cual ha realizado innumerables trabajos similares en múltiples edificios en la ciudad de México.

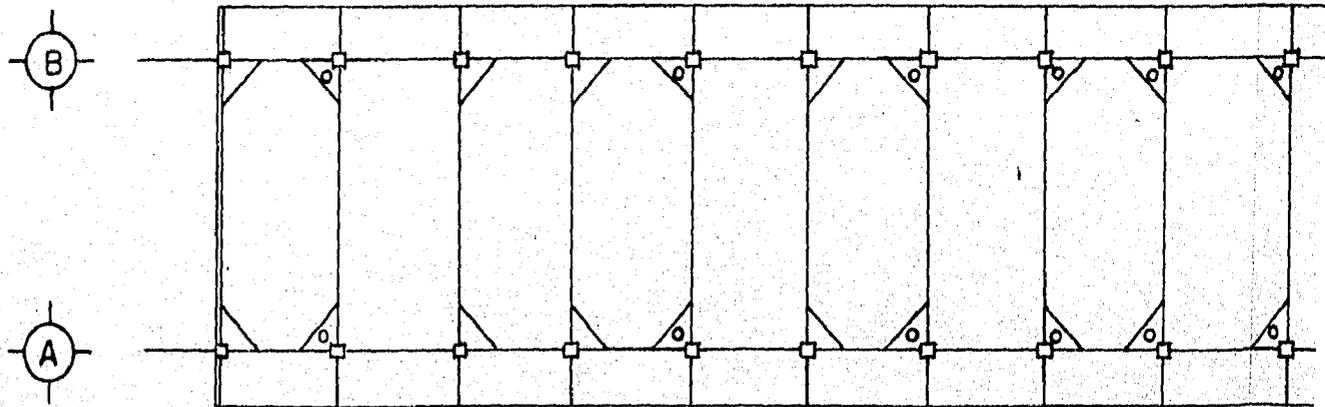
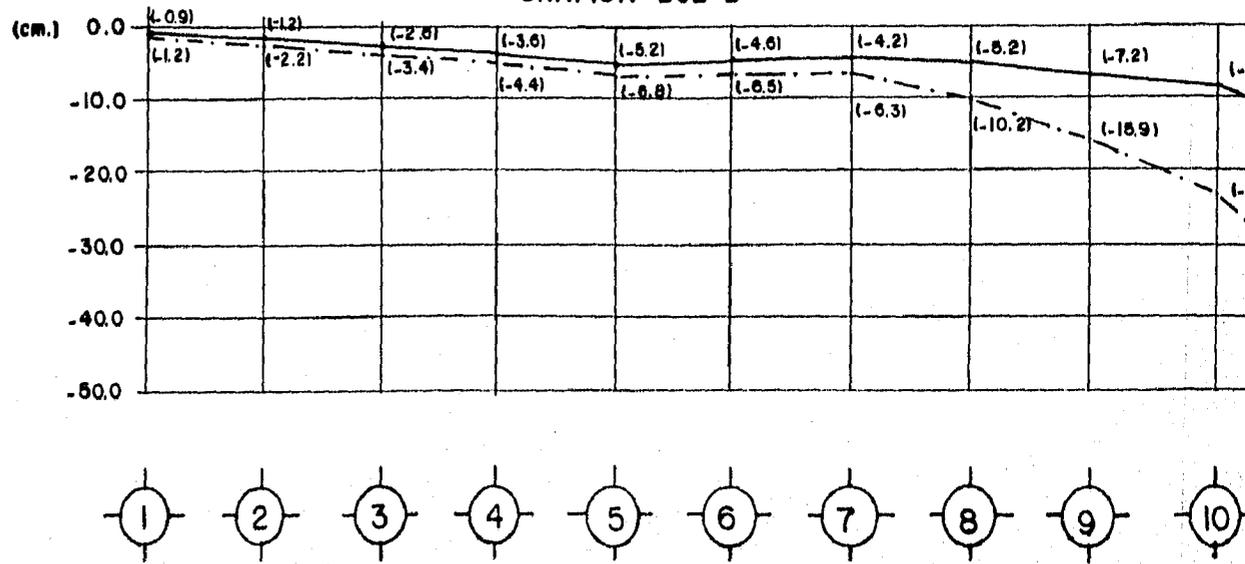
Como se indicó, el inmueble tuvo una recuperación de 24.6 cm de un total de 44.1 cm expresado en porcentaje del 56% (55.8%) lográndose el objetivo buscado, mover el edificio levantándolo en su zona más baja para alcanzar la horizontalidad. Los trabajos del enderezado no siguieron efectuándose -buscando que el punto más crítico (B-12) del inmueble consiguiera la posición 0.00 m, posición que con respecto al punto de referencia A-1 representaría que el edificio tuviera la horizontal total. Debido a decisiones tomadas por el Patronato de Obras e Instalaciones de I.P.N. en el sentido de que habiendo tenido hasta esta fecha resultados ya satisfactorios se vieron en la necesidad de ordenar la suspensión de los trabajos de enderezado en virtud de que debido a políticas internas del organismo tendrían que dar paso a los trabajos de obras inducidas en el inmueble correspondientes a otras actividades y compañías de construcción.

Por lo anterior, se toma la resolución de dejar en esa posición al edificio, estimando que al ya contar con los dispositivos de control en la cimentación pueda ésta estimularse en ambas zonas sur y norte y lograr conseguir la nivelación posterior, mientras se acondiciona y ocupa e inclusive entra en funcionamiento el edificio.

Las gráficas de la fig. IV. 7 ilustran las posiciones inicial y final del edificio por sus ejes A y B de acuerdo al desarrollo del enderezado.

GRAFICAS DE LA POSICION INICIAL Y FINAL DEL EDIFICIO  
EN EL PROCESO DE RENIVELACION

GRAFICA EJE B



GRAFICA EJE A

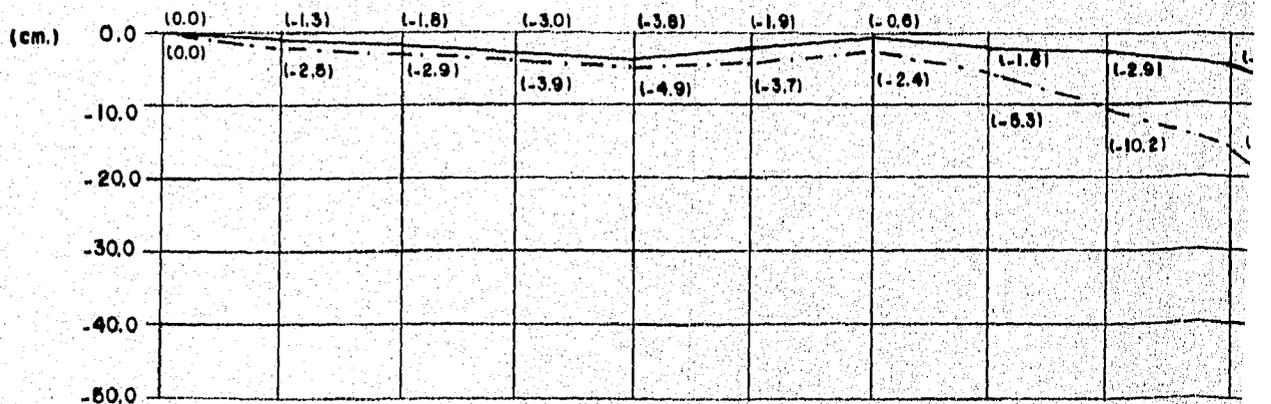
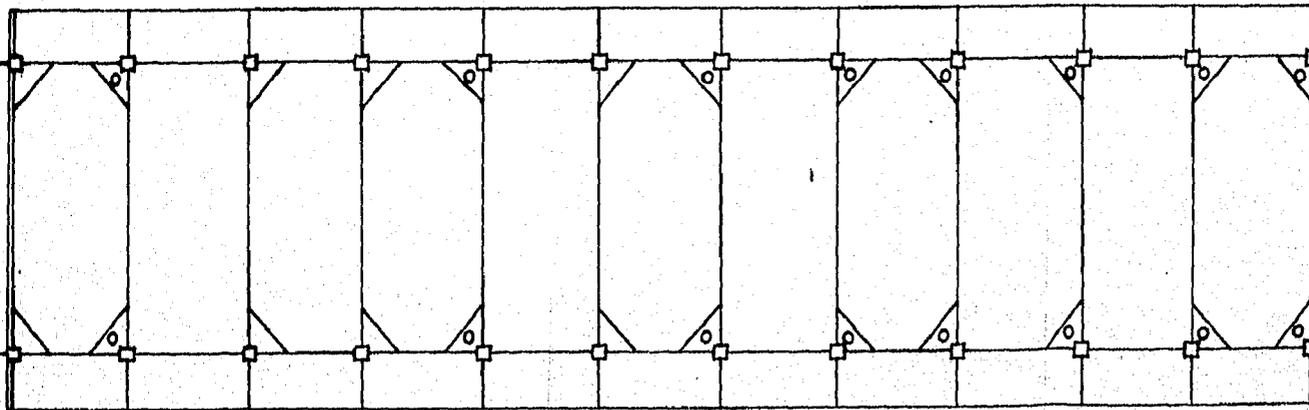
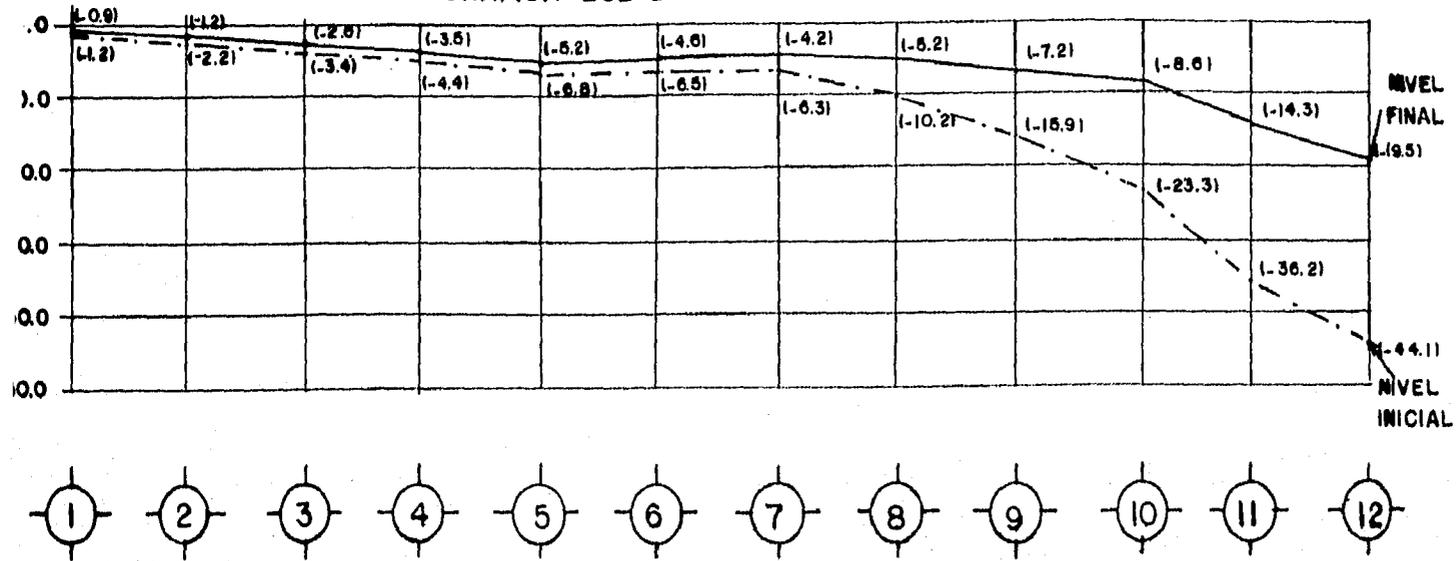


Fig. IV-7

GRAFICAS DE LA POSICION INICIAL Y FINAL DEL EDIFICIO  
EN EL PROCESO DE RENIVELACION

GRAFICA EJE B



GRAFICA EJE A

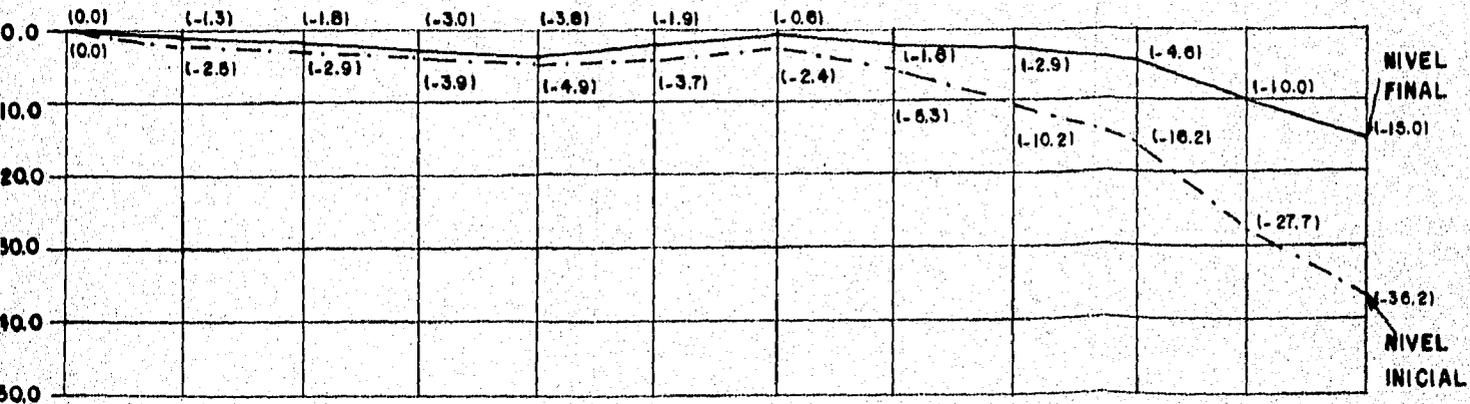


Fig. IV - 7

**CAPITULO V**  
**SEGUIMIENTO DE LA PROGRAMACION DE OBRA**

**V.1.- INTRODUCCION.**

**V.2.- PROGRAMA ORIGINAL Y PROGRAMA REAL DE OBRA.**

**V.3.- EXPLICACION DE LA DESVIACION DEL PROGRAMA  
DE OBRA ORIGINAL.**

## CAPITULO V

### SEGUIMIENTO DE LA PROGRAMACION DE OBRA.

#### V.1 INTRODUCCION.

Planear, es imaginar lo que debería hacerse para lograr un fin concreto.

La planeación se traduce a programas que son los planes de trabajo que ordenan en forma racional y lógica las actividades que transformarán la idea en un resultado material mediante la adecuada utilización de los recursos disponibles. La planeación es la primera acción que debemos seguir y en base a ella formulamos los programas. Al implantar éstos pasamos a la etapa de construcción.

Programar es, establecer un plan de acción para realizar un proyecto cualquiera que sea la naturaleza de éste, teniendo definidas las secuencias de ataque de actividades calculadas de acuerdo a la aplicación racional de recursos.

Los programas permiten comparar lo que realmente sucede en un proceso de producción, con lo que pensamos ocurriría, permitiéndonos así comprobar qué tanto acertamos al imaginar dicho proceso.

Si una obra se planea adecuadamente, se apoya en un proyecto completo y se guía con un programa realista de todas sus actividades, los reportes de control y la comparación con el modelo, destacarán claramente la falla o fallas que ocasionaron la desviación observada y permitirán evaluar los efectos y su magnitud, para tomar la decisión correctiva óptima.

Controlar es verificar si lo que se está ejecutando se apega o no a lo planeado. El control comprende 3 acciones sucesivas:

- a) Establecer lo que realmente sucede en un momento dado en el proceso constructivo.
- b) Comparar esta realidad con el programa original que sirve de modelo, para detectar las desviaciones, y
- c) Formular las medidas pertinentes para corregir los efectos producidos por las desviaciones detectadas.

La detección de las desviaciones mediante los artificios de control, no tienen como objeto satisfacer una curiosidad o llenar una estadística, sino la toma de decisiones que lleve a la corrección de los efectos producidos por las desviaciones detectadas.

### MÉTODOS DE PROGRAMACION

Existen básicamente dos tipos de Métodos de Programación: el de Barras o de Gantt y el de Secuencias que puede ser Ruta Crítica o Teoría Redes (Nodos).

En el presente trabajo fijaremos nuestra atención en el primer método de programación mencionado, debido a que dadas las características de la obra y a su no tan denotada complejidad fue el método aplicado para su ejecución.

### DIAGRAMAS DE BARRAS O DIAGRAMA DE GANTT

Es el más conocido y utilizado, sobre todo para proyectos no muy complejos y en esencia se forma de la siguiente manera:

- a) Se enlistan las actividades más importantes siguiendo un orden de ejecución de acuerdo al proyecto o trabajo de que se trate.
- b) De acuerdo a los requerimientos se asignan recursos derivados de éstos y vendrá la estimación de tiempos o viceversa.
- c) Se representa cada actividad por una barra recta horizontal acotada en una escala de tiempos, en unidades de calendario, tales como días, semanas o meses, haciendo coincidir el inicio y el fin del proyecto con esta escala.
- d) Se ajustan las posiciones de las barras según el proceso constructivo, los tiempos estimados para cada actividad y, tomando en cuenta los días no laborables previstos en el calendario del proyecto.

El diagrama de barras es el programa de construcción más común que estamos acostumbrados a ver en el que se muestran para una obra dada, las diferentes actividades del proceso y las fechas estimadas de comienzo y terminación de cada actividad; generalmente se establece el orden de ejecución de las actividades por el orden de los renglones del diagrama.

Por ser una representación gráfica de tipo vectorial, ya que tiene magnitud y sentido, es sumamente objetivo y puede ser interpretado sin problemas, inclusive por personas sin conocimientos técnicos.

Puede ser utilizado también para el control, dejando un segundo renglón para cada concepto con el fin de llevar el avance programado en el primero y el avance real en el segundo. Es útil para tener idea del programa de financiamiento, costos, recursos materiales y humanos, equipo, etc.

## V.2 PROGRAMA ORIGINAL Y PROGRAMA REAL DE OBRA.

Tal como lo indican las características del método de programación empleado, el programa para la ejecución de la obra en cuestión se enlista en 10 actividades que agrupan el total de los conceptos a ejecutarse inicialmente en el desarrollo de la obra siendo éstos en suma 58. Estas actividades conforman la secuencia lógica de ejecución de las etapas del proyecto de adecuación del edificio que como se ha venido planteando son Recimentación, Reestructuración y Renivelación.

El período de ejecución comprendió como fecha de inicio 9 de octubre de 1989 estimándose 8 meses para la terminación de la obra teniendo como fecha de terminación 31 de mayo de 1990.

El importe del contrato ascendió a \$452'007,323.00 desglosándose en cada una de las 3 etapas como sigue:

I	Recimentación	\$ 139'978,945.-	Expresado en	30.97%
II	Reestructuración	\$ 152'585,388.-	porcentajes	33.76%
III	Renivelación	\$ 159'442,990.-	indica	35.27%
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 452'007,323.-</b>		<b>100 %</b>

De los 58 conceptos a ejecutar originalmente 24 correspondieron a la Recimentación, 12 a la Reestructuración y 22 a la Renivelación, dichos conceptos se condensan en las 10 actividades mencionadas en párrafos anteriores que forman el programa original de obra, cuyas acotaciones en escala de tiempo respectivas por semanas se observan en la fig. V.1 que representa el programa original de obra Auditorio ESIME Azcapotzalco a realizar por la empresa Pilotes de Control S.A., contratada por el Patronato de Obras e Instalaciones del Instituto Politécnico Nacional.

Cabe hacer mención que el contrato y el catálogo de conceptos objeto de dicho contrato contempló únicamente los trabajos correspondientes a la obra civil quedando excluidos los trabajos de albañilería, herrería, acabados, instalaciones eléctrica e hidrosanitaria, pintura, etc., que la "Dependencia" o "Entidad" determinó encomendar dichos trabajos a otra compañía constructora y de esta manera ocupar y poner en funcionamiento el inmueble.

Por lo que en el programa no se contemplan dichas actividades que pudieron realizarse sin ningún problema, simultáneamente en el proceso de enderezado, siendo ésta una de las características de primordial importancia y ventaja que brinda el procedimiento de nivelación de edificios mediante el sistema de pilotes de control.

En el seguimiento del programa original de la obra las primeras actividades de acuerdo a la secuencia del procedimiento constructivo no se presentó defazamiento alguno ocurriendo tal y como se estimó en un principio. Al comenzar con la etapa de Reestructuración surgieron defazamientos en las actividades de esta etapa constructiva que hace que el programa vaya teniendo una desviación negativa, detectándose precisamente en esta etapa constructiva, el surgimiento de actividades extras que representan la causa de los efectos producidos en el programa original de obra.

Debido a la secuencia lógica de las etapas constructivas, la desviación en la etapa de Reestructuración repercute tanto en la última parte de la Recimentación que es perforación guía e hincado de pilotes, como retrasa el inicio del proceso de Nivelación, así pues el programa original se defaza de las 34 semanas planteadas en un inicio a 40 semanas que fue el tiempo real de ejecución de la obra.

La comparación gráfica entre el programa original de obra y el real se presenta en la fig. V.2.

CONCEPTO	AÑO	1989																		
	MES	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRE		
	SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	DIA	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12
<b>RECIMENTACION</b> Construcción de dado de apoyo de pilotes.																				
Perforación guía- e Hincado de pilotes.																				
<b>REESTRUCTURACION</b> Construcción de muros de concreto (cortabones) en arranque de columnas.																				
Reforzamiento y construcción de muros de rigidez en Planta Baja.																				
Reforzamiento de trabes del entrepiso.																				
Reforzamiento y construcción de muros de rigidez en 1º Nivel (P.A.)																				
Reforzamiento de trabes de azoteo.																				
<b>RENIVELACION</b> "Liberación" del edificio.																				
Proceso de enezada del edificio.																				
Reellenas y limpieza general.																				

Fecha de inicio 9 Octubre 1989

Fig. V-1

Control S.A.

**PROGRAMA DE OBRA**

Obra: Auditorio ESIME Azcapotzalco  
POI-I.P.N.

AÑO	1989												1990																												
	OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34							
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34							
DIA	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	26	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28							
IN	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25	4	11	18	25	1	7	15	22	29	6	13	20	27								
apoyo	=====																																								
lncado																																									
ACION e concreto de columnos.																																									
ucción de lanta Baja,																																									
es del																																									
rucción de Nivel (P.A.)																																									
es de																																									
DN lo.																																									
el edificio,																																									
neral.																																									

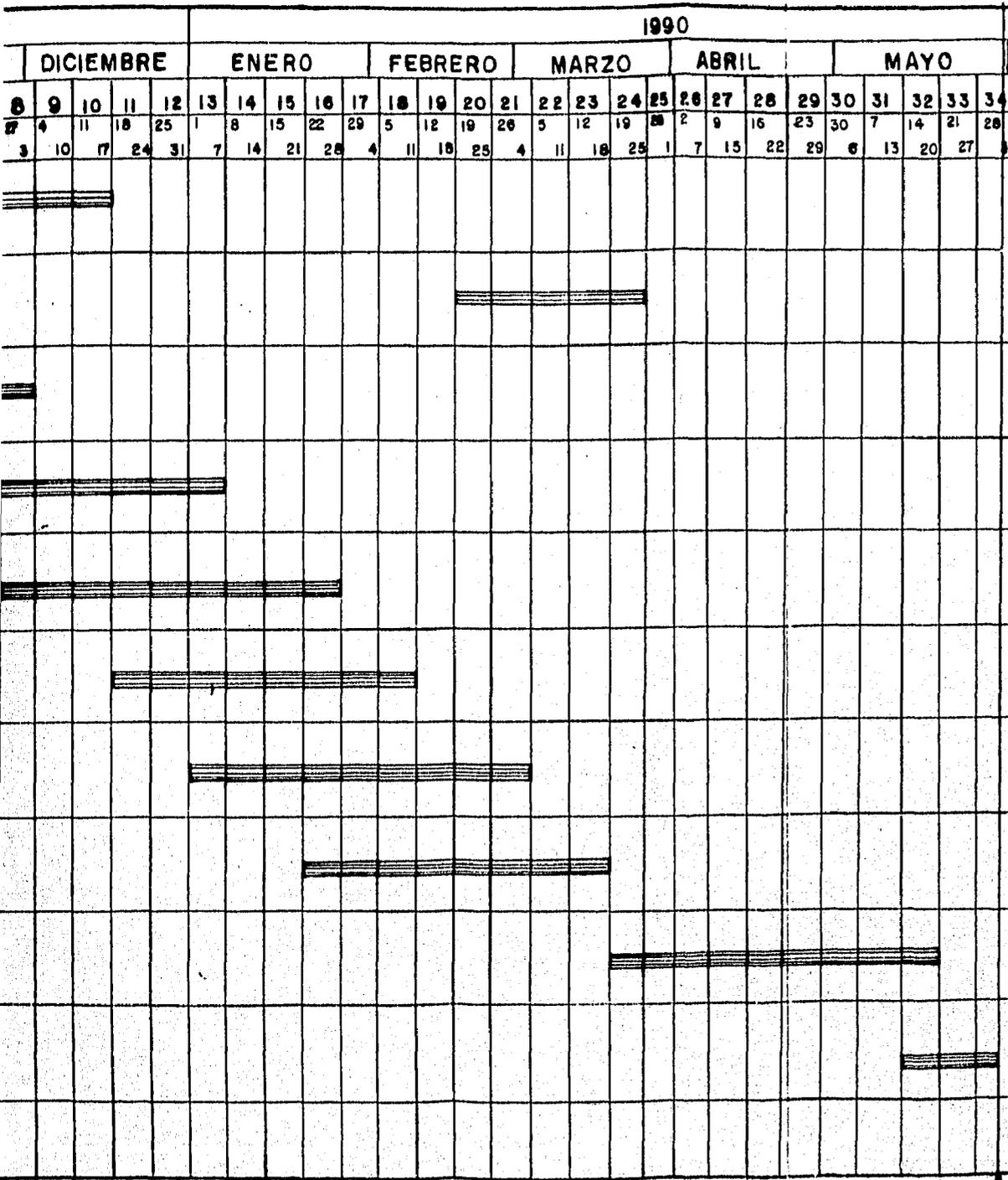
Fecha de inicio 9 Octubre 1989

Terminación 30 Mayo 1990

Fig. V-1

# PROGRAMA DE OBRA

Obra: Auditorio ESIME Azcapotzalco  
POI-I.P.N.



re 1989

Terminación 30 Mayo 1990

Fig. V-1

Pilotes de Control S.A.

PROGRAMAS ORIGINAL Y REAL  
(Comparación)

CONCEPTO	AÑO	1989																								
	MES	OCTUBRE					NOVIEMBRE					DICIEMBRE					ENERO					FEBRERO				
	SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
	DIA	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	26				
<b>RECIMENTACION</b> Construcción de dudo de apoyo de pilotes.																										
Perforación guío e Hincado de pilotes.																										
<b>REESTRUCTURACION</b> Construcción de muros de concreto (cortabones) en arranque de columnas.																										
Reforzamiento y construcción de muros de rigidez en Planta Baja.																										
Reforzamiento de trabes del entrepiso.																										
Reforzamiento y construcción de muros de rigidez en 1er Nivel (P.A.)																										
Reforzamiento de trabes de azotea.																										
<b>RENIVELACION</b> "Liberación" del edificio.																										
Proceso de enezado del edificio.																										
Rellenos y limpieza general.																										

Fecha de inicio programado y real 9 Octubre '89

Programa Original.  
Programa Real.

# PROGRAMAS ORIGINAL Y REAL DE OBRA (Comparación)

Obra: Auditorio  
POI - I.F.

Pilotes de Control S.A.

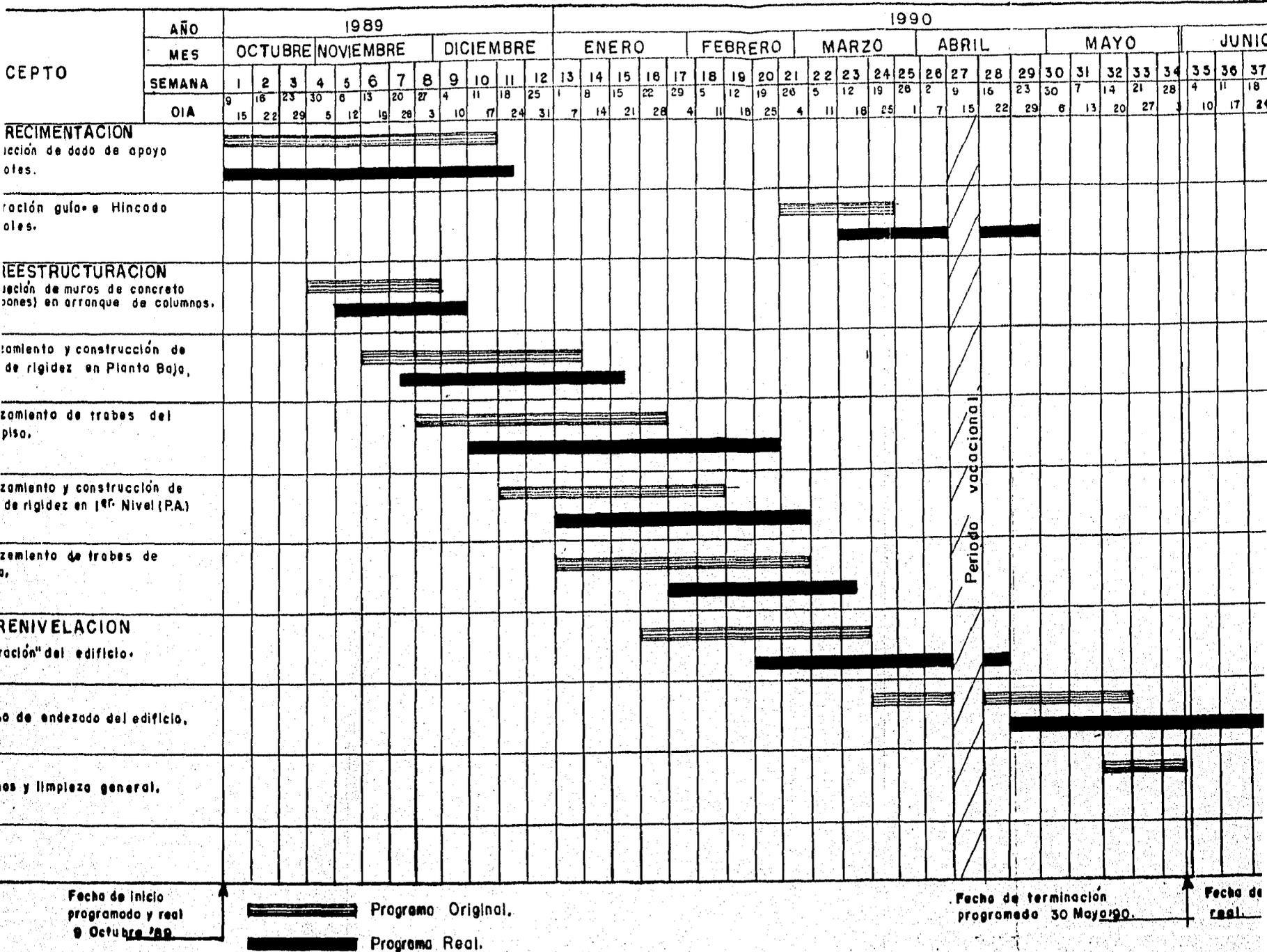


Fig. V- 2.

ORIGINAL Y REAL DE OBRA  
(Comparación)

Obra: Auditorio ESIME Azcapotzalco  
POI - I, P.N.

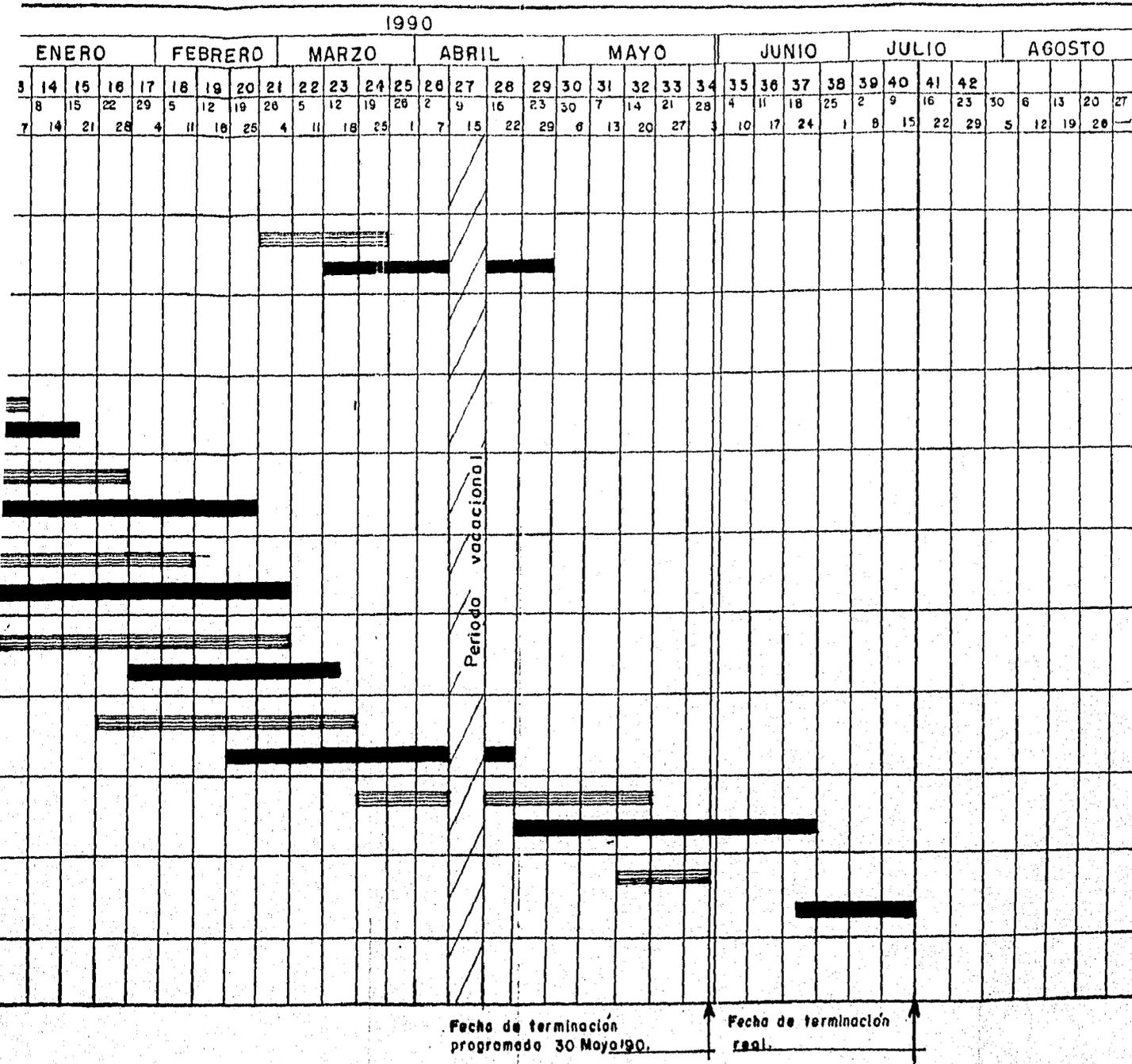


Fig. V- 2.

### V.3 EXPLICACION DE LA DESVIACION DEL PROGRAMA DE OBRA ORIGINAL.

Al ir realizando la observancia del desarrollo del programa de obra surge la desviación detectada mediante el control que se ejerce en dicho programa de obra. Dando como consecuencia que las causas del defazamiento del programa son debido principalmente a:

- 1.- Actividades o trabajos no contemplados en el catálogo de conceptos original debido a cambios en el proyecto.  
Los trabajos no contemplados por cambio de proyecto resultan que de acuerdo a los planos entregados por el Patronato de Obras e Instalaciones de Instituto Politécnico Nacional, indicaban existencia de losas con sonotubo, encontrándose en realidad el inmueble losas aligeradas con casetones.
- 2.- Trabajos extras no considerados en el proyecto inicial sobre todo en la etapa de la Reestructuración.  
Trabajos extraordinarios que a juicio de la "Entidad" o "Dependencia" fue necesario llevar a cabo aun cuando no estuvieron comprendidos en el proyecto y en el programa considerándose éstos y los comprendidos en el inciso 1 como "trabajos complementarios".
- 3.- Los trabajos en la etapa de Renivelación tendrían que ser cautelosos para la seguridad de la estructura al estar en proceso de enderezado. Se determinó tener una velocidad de enderezado de la estructura, ya que, aunque se consideró como ligera, fue conveniente tomar precauciones de mayor seguridad para evitar esforzar la fatiga de los elementos del sistema mecánico de control, tales como tuercas y tornillos.

Habiendo analizado las causas principales de la desviación del programa se plantean la relación de trabajos extraordinarios no considerados en presupuesto y catálogo de conceptos que en total resultaron un número de 21 (veintiuno) conceptos extras y cuyo monto ejercido fue de \$ 66'607,134 que en porcentaje con respecto al contrato original de \$ 52'007,323 representa un 14.73%. En la tabla V.1 se presentan dichos conceptos extras.

En el programa real, el número de semanas adicionales fue de 6 que de igual manera representa un 17.64% con respecto a las 34 semanas del programa original. Haciendo la comparación de estos porcentajes se observa que prácticamente la ejecución de los trabajos extraordinarios compensa en tiempo la desviación del programa estando dentro de límites aceptables.

En el momento de la detección se planteó la necesidad de aplicar como lo marca la Ley de Obra Pública la modificación al contrato, proyecto y programa en su artículo 41: "Durante la vigencia del contrato", "La Dependencia" o "Entidad" podrá modificar por una sola vez el proyecto, el programa y el monto de trabajos, los planos y especificaciones, cuando ello no

implique una alteración superior a un 20% (veinte por ciento) en más o en menos, en el monto o plazo ni modificaciones sustanciales al proyecto, dando aviso por escrito a "El Contratista" y éste se obliga acatar las órdenes correspondientes.

En el caso de que la modificación sea superior al 20% (veinte por ciento) en más o en menos, el monto, plazo, o se modifique sustancialmente el proyecto, sin que se altere la naturaleza y características esenciales de los trabajos, "La Dependencia" o "Entidad" procederá en todos los casos a celebrar un convenio con "El Contratista", respecto de las nuevas condiciones.

Así se llevó a cabo el convenio aunque los montos no rebasaran el 20% mencionado. Convenio que en monto tuvo una cantidad ampliada de \$47'873,267 y en tiempo, a la fecha del 20 de agosto de 1990. Todo esto por concepto de trabajos complementarios de la Adecuación de la estructura y cimentación del auditorio de ESIME-Azcapotzalco.

CONCEPTOS EXTRAORDINARIOS NO CONSIDERADOS EN PRESUPUESTO

CONCEPTO EXTRAORDINARIO	UNIDAD	CANTIDAD EJECUTADA	\$ MONTO EJERCIDO
E-1 Apuntalamiento de losas y trabes.	ml	646.20	6'188,011
E-2 Demolición con recuperación del mat. de muros de barroblock.	m <sup>2</sup>	7.14	92,734
E-3 Demolición de muros de la fachada del Auditorio.	m <sup>2</sup>	99.00	531,531
E-4 Desmontaje de las instalaciones existentes del ducto de aire en la zona del Auditorio.	m	42.90	348,219
E-5 Suministro y colocación de registros de visita para las celdas de cimentación y para hincado de futuros pilotes de control.	pza.	20.00	3'835,340
E-6 Soldadura en elementos de armados de varilla.	cm	7875.00	6'520,500
E-7 Desmontaje de los marcos de cancelería deterioradas por la corrosión.	ml	412.20	4'358,603
E-8 Demolición de la parte superior del casetón para colar por arriba la trabe de refuerzo.	ml	639.00	3'885,759
E-9 Modificación a la instalación de bajada de agua pluvial.	pza.	2.00	106,586
E-10 Colocación de "testigos" de yeso en grietas y fisuras.	pza.	25.00	45,450
E-11 Desmontaje de bastidores existentes.	m <sup>2</sup>	97.20	631,217
E-12 Curado de elementos de concreto.	m <sup>2</sup>	1032.03	3'284,951

CONCEPTO EXTRAORDINARIO	UNIDAD	CANTIDAD EJECUTADA	\$ MONTO EJERCIDO
E-13 Elaboración de muestras cilíndricas para pruebas de resistencia de concreto. Incluye prueba.	pza.	24.00	397,464
E-14 Ranuración de trabes existentes para alojar la varilla de refuerzo.	ml	639.00	14'154,489
E-15 Suministro y colocación de adhección para mejorar adherencia entre concreto viejo y el concreto nuevo.	m <sup>2</sup>	54.19	139,539
E-16 Acondicionamiento de celdas de cimentación para almacenar agua por las noches y no dejar sin agua a la escuela en el día.	celda	1.00	955,649
E-17 Tendidos para el paso de carretillas o traslados de equipo a las zonas de trabajo.	pza.	4.00	177,984
E-18 Demolición de la costilla del casetón existente para descubrir el concreto de la trabe.	ml	765.00	2'995,740
E-19 Demolición de acabado de yeso ubicado en el techo de las losas.	m <sup>2</sup>	191.70	1'286,499
E-20 Chafflán en columnas, muros y trabes con terminado aparente.	ml	1015.80	4'369,972
E-21 Decimbrado de elementos estructurales tales como: cartabones, columnas, muros y trabes.	m <sup>2</sup>	1188.49	3'613,010
Monto con 15% de IVA:		Suma	\$57'919,247
57919,247 x 1.15 =			\$66'607,134

Tabla V.1

De igual forma como lo contempla la Ley de Obra Pública en contraparte, la contratista solicita una ampliación del plazo de ejecución: "En los casos fortuitos o de fuerza mayor, o cuando por cualquiera otra causa no imputable a "El Contratista" le fuere imposible a ésta cumplir con el programa, solicitará oportunamente y por escrito la prórroga que considera necesaria, expresando los motivos en que se apoye su solicitud. "La Dependencia" o "Entidad" resolverá en un plazo de 30 días calendario sobre la justificación y procedencia de la prórroga y, en su caso, concederá la que haya solicitado "El Contratista" o la que ella estime conveniente y se harán conjuntamente las modificaciones correspondientes al programa".

La prórroga solicitada fue a la fecha del convenio 20 de agosto de 1990, la cual fue determinada de común acuerdo, y los motivos que sustentaron dicha solicitud fueron los expresados en los incisos 1, 2 y 3 ya mencionados.

De esta forma, la desviación del programa se justifica quedando de manifiesto por ambas partes "La Dependencia" POI-IPN y la Contratista Pilotes de Control, S.A., la aplicación de los estatutos que rigen la Obra pública no habiendo sanciones a aplicar al existir variación del programa de obra original.

La fecha real de terminación queda de acuerdo al convenio, 20 de agosto de 1990, realizándose la recepción de los trabajos y firmándose el acta de recepción el día 15 de octubre de 1990.

**CAPITULO VI**  
**RESULTADOS, CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES.**

**VI.1.- RESULTADOS DEL PROCESO DE RENIVELACION  
Y OBSERVACION DEL COMPORTAMIENTO  
DEL INMUEBLE.**

**VI.2.- ANALISIS DE LA TENDENCIA NEGATIVA,  
ESTUDIOS Y CONCLUSIONES.**

**VI.3.- RECOMENDACIONES FINALES.**

## **CAPITULO VI RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **VI.1 RESULTADOS DEL PROCESO DE RENIVELACION Y OBSERVACION DEL COMPORTAMIENTO DEL INMUEBLE.**

En el capítulo IV del presente trabajo, se desarrolló la renivelación del inmueble teniendo al final del proceso una posición con un desnivel de 19.5 cm entre su punto más bajo y el punto de referencia 0.00 m respecto a este plano horizontal.

Como se mencionó, no se consiguió la horizontalidad total del edificio debido a la solicitud e indicación por parte del Patronato de Obras e Instalaciones del I.P.N., de concluir los trabajos para dar oportunidad a la ejecución de obras inducidas llevados a cabo por otra compañía, y tener la posibilidad de hacer uso y función del inmueble en un tiempo comprometido para ellos. De esta forma, el proceso de renivelación se da por concluido, teniendo la posición final, con la nivelación fechada 25 de junio de 1990, haciendo posible nuevamente que mediante las técnicas y tecnología del pilote de control, este edificio al igual que muchos otros en la ciudad de México, se pueda mantener nivelado el inmueble con respecto a planos de referencia, como banquetas, calles, etc., y el edificio queda en condiciones de seguir a la superficie del subsuelo durante el hundimiento de la ciudad.

Los resultados fueron satisfactorios, el edificio pudo ser renivelado efectuando el levantamiento de una de sus zonas y puede ser vigilado y controlado mediante un programa de mantenimiento que es inherente a la aplicación del pilote de control en cimentaciones de edificios.

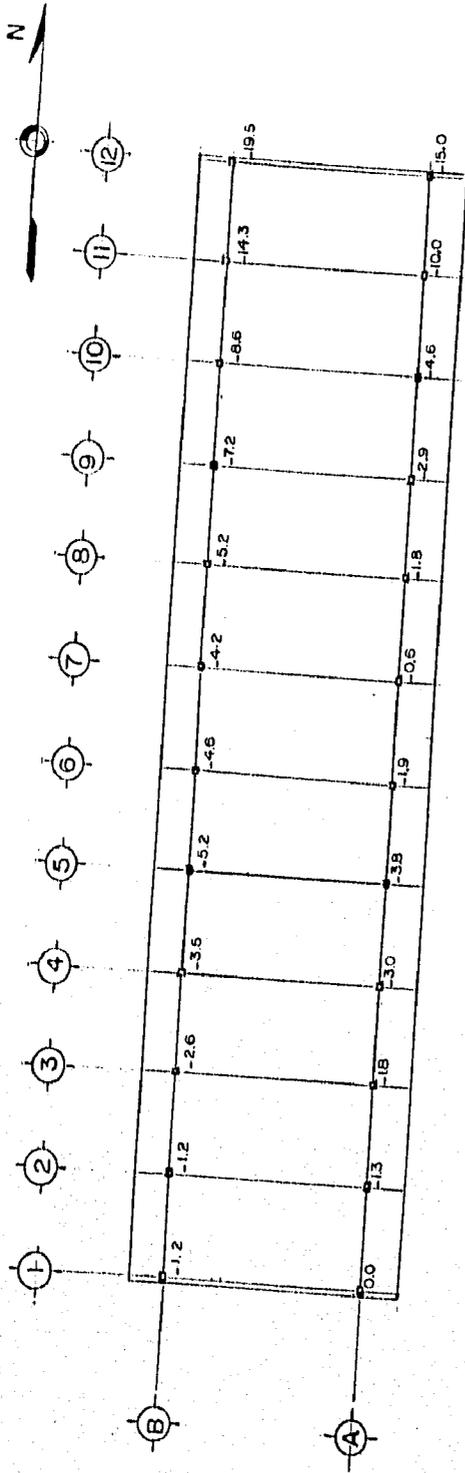
Una de las actividades del programa de mantenimiento que se llevará a cabo en el pilote de control, es la vigilancia posicional del edificio, mediante nivelaciones periódicas y regulares que fueron realizadas en forma rutinaria, posteriormente a la terminación del enderezado. Dichas nivelaciones indicaron un comportamiento del edificio, contrario a lo esperado teniendo un movimiento reversible, observándose el aumento en el desnivel que presentaba inicialmente pues para noviembre de 1990 en el punto más crítico el B-12 con respecto al punto A-1 de referencia marcaba un desnivel de 22 cm., en diciembre de ese mismo año se incrementó, si no en ese mismo punto, en otros, de tal manera que observando su comportamiento en el transcurso de 3 años, es decir que para octubre de 1993 en el edificio

se detectó que reaparecía la problemática de la tendencia del hundimiento, dado que para esta fecha el desnivel entre los 2 puntos A-1 y B-12 ya presentaba una magnitud de 34 cm.

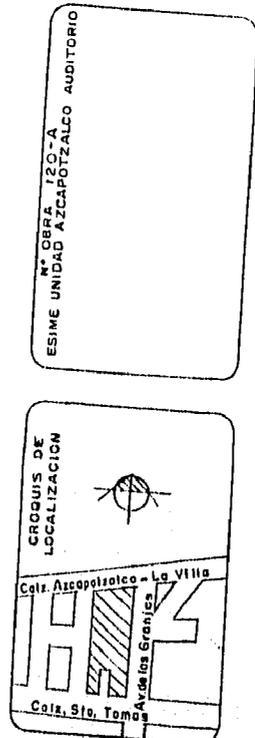
En las figuras VI.1 a 4, se presentan las nivelaciones que ilustran la posición del edificio en las fechas de 25 de junio de 1990, 12 de noviembre de 1990, 4 de diciembre de 1990 y 8 de octubre de 1993 respectivamente.

El comportamiento del edificio en la zona de su ubicación no es aislada ya que se detectó asentamientos irregulares en los siete edificios que forman el conjunto de la ESIME Azcapotzalco, cuatro de ellos recimentados con pilotes de control.

Dicha situación lleva a buscar las causas que la originan y tomar las medidas correctivas a aplicar, ya que no es común ni técnicamente posible que un edificio ya recimentado con pilotes de control hincados hasta apoyarse en una capa resistente siga apareciendo con asentamientos irregulares.

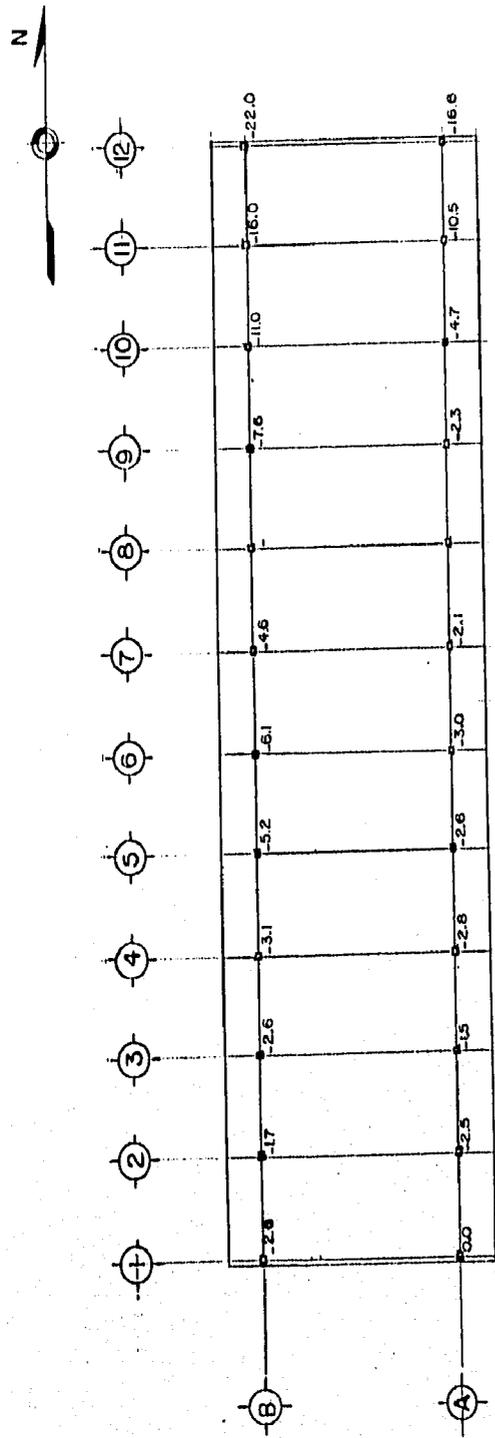


NOTAS :  
 Fig. N° 2.  
 A cotaciones en cm.  
 Posición del edificio.  
 El desnivel al 25 de Junio de 1990  
 es de 19.5 cm.  
 con respecto al plano horizontal  
 referido a la columna A-1.

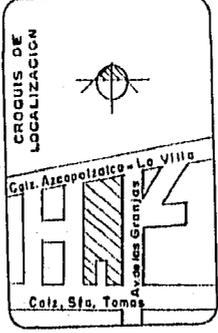


ESIME UNIDAD AZCAPOTZALCO AUDITORIO

Fig. VI-1

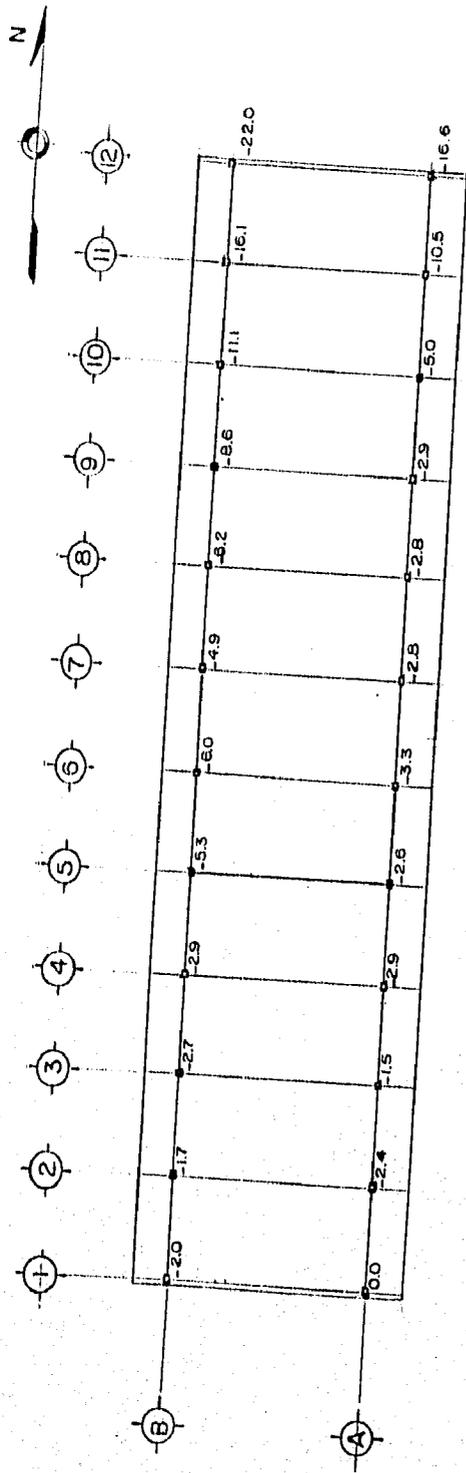


Nº OBRA 120-A  
ESIME UNIDAD AZCAPOTZALCO AUDITORIO



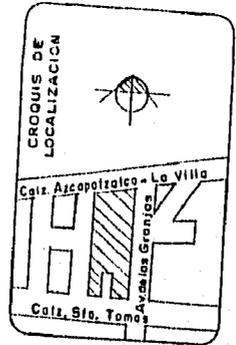
NOTAS :  
Fig. N° 2.  
Acotaciones en cm.  
Posición del edificio.  
El desnivel al 12 de Nov. de 1990  
es de 22.0 cm.  
con respecto al plano horizontal  
referido a la columna A-1.

Fig. VI-2



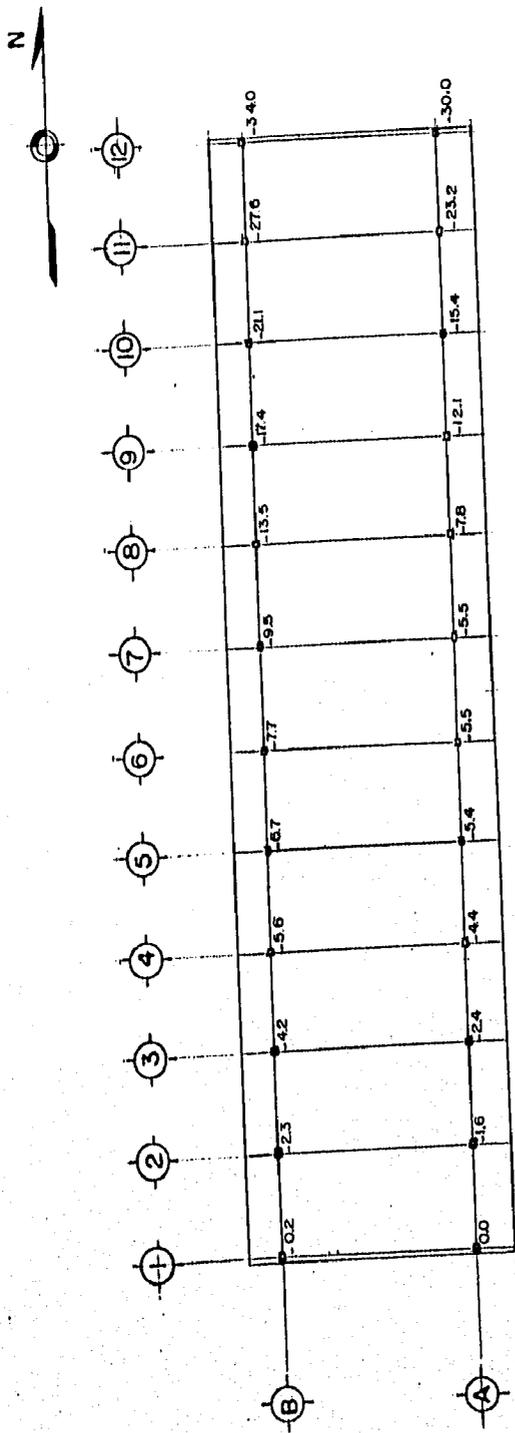
**NOTAS :**

Fig. N° 2.  
 Acotaciones en cm.  
 Posición del edificio.  
 El desnivel al 4 de Dic. de 1950.  
 es de 22.0 cm.  
 con respecto al plano horizontal  
 referido a la columna A-1.



N° DBRA  
 ESIME UNIDAD AZCAPOTZALCO AUDITORIO

Fig. VI-3



Nº OBRA 120-A  
ESIME UNIDAD AZCAPOTZALCO AUDITORIO



NOTAS :  
 Fig. Nº 2.  
 Acotaciones en cm.  
 Posición del edificio.  
 El desnivel al 8 de Octubre de 1993  
 es de 34.0 cm.  
 con respecto al plano horizontal  
 referido a la columna A-1.

Fig.VI-4

## VI.2 ANALISIS DE LA TENDENCIA NEGATIVA, ESTUDIOS Y CONCLUSIONES.

Para octubre de 1993, el edificio de Gobierno y/o Auditorio se ha vuelto a desnivelar considerablemente, lo que conduce a la investigación de las causas que han motivado este fenómeno, que al igual que en las zonas arboladas, pavimentos y edificios que forman el conjunto de la escuela se experimentan hundimientos diferenciales, a pesar de que se trata de estructuras ligeras.

La problemática de la zona y en particular del edificio en estudio, hace que se planteen las hipótesis que expliquen su comportamiento inadecuado. Se establecen las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Nº 1: Los pilotes pudieran estar mal apoyados, en una capa de suelo que no soporta el tonelaje actual del edificio.
- Hipótesis Nº 2: Los pilotes de control pudieran estar apoyados en una capa que durante la Renivelación funcionó satisfactoriamente y que con posterioridad, esa capa se está hundiendo por la pérdida de agua, debido posiblemente, al continuo bombeo que se realiza en la cercana estación del "Metro" Ferrería.
- Hipótesis Nº 3: Los pilotes, que están apoyados en una capa resistente, tienen una penetración en la misma capa, debido a sobrecargas que suelen tener los pilotes por las dos siguientes razones:
- a) Que la losa de cimentación del edificio se encuentra despegada del terreno, por lo que éste no está tomando la carga que debiera soportar.
  - b) Que está ocurriendo el fenómeno de que la fricción negativa actúa sobre los pilotes de punta, lo cual representa una sobrecarga encima del pilote, debido a que las cargas del terreno al bajar tienden a colgarse por adherencia al fuste del pilote.
- Hipótesis Nº 4: El edificio se está asentando debido a que los cubos de madera o celdas de deformación sufren una deformación tan rápida que permiten a la estructura asentarse también proporcionalmente a la deformación de los cubos.

Se determinó realizar la investigación que llevará a la respuesta correcta de entre estas cuatro hipótesis.

La investigación consistió en los estudios y pruebas siguientes:

- A.- Dos sondeos por penetración estándar, combinados con muestreo y avance por rotación, para determinar la profundidad y resistencia de las capas resistentes y estratos compresibles en el lugar.
- B.- Prueba de carga Estática de 12 hrs., para conocer si hay o no penetración del pilote sobre la capa en la cual está apoyada la punta del mismo.
- C.- Calas consistentes en la hechura de perforaciones a la losa de cimentación, para observar la magnitud de la separación entre la misma losa de cimentación con respecto del terreno de apoyo del edificio.
- D.- Revisión del proceso de cambio de los cubos de madera de los dispositivos de control de los pilotes, desde que se terminó su construcción.

#### A.- SONDEOS

El estudio de obtención de información actualizada del subsuelo consistió en la perforación de dos sondeos mixtos, ubicados en los puntos que se marcan en la fig. VI.5. Los muestreos se sometieron a los ensayos usuales de Mecánica de Suelos. Los resultados se reportan en los 2 perfiles estratigráficos de los sondeos SM-1 y SM-2 en las figuras VI.6 y VI.7 respectivamente y en los resultados de los ensayos, que en forma general clasifican los materiales de la siguiente manera:

PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL
0-2	Un relleno con matriz de arena limosa café oscura.
2 a 3	Arcilla limosa café oscura con intercalación de algunas vetas de arena volcánica.
3 - 5	Arcilla volcánica de color verde olivo.
5 a 14 - 17	Serie de suelos compactos, predominando una arena limosa café, arcillas aluviales café oscuras y delgados estratos lenticulares de arcilla volcánica verde.
14 - 17 a 21 y más	Suelos arenoso-limoso muy compactos de color café claro.

El nivel freático se localizó en los dos sondeos alrededor de los 9 m de profundidad, lo cual representa un cambio respecto a 1990 que no encontraron el agua freática. Consultando el Boletín de SARH, la estación piezométrica más cercana (pc-190, en Ignacio Allende y Atocepan, Col. Clavería) acusa el nivel de agua freática a 4.5 m de profundidad, en tanto que los piezómetros instalados a 71.80 m y 100 m muestran niveles del orden de 50 m. Esto indica que se trata de un nivel freático "colgado" alimentado localmente por el agua pluvial y sin relación con los acuíferos profundos.

Basándose en lo anterior, se consideró que el agua freática que apareció en los dos sondeos (SM-1 y SM-2) proviene de resumideros locales, como el que se encuentra en la colindancia norte, paralela a la línea 6 del "Metro", es una grieta profunda y capta escurrimientos de un área considerable.

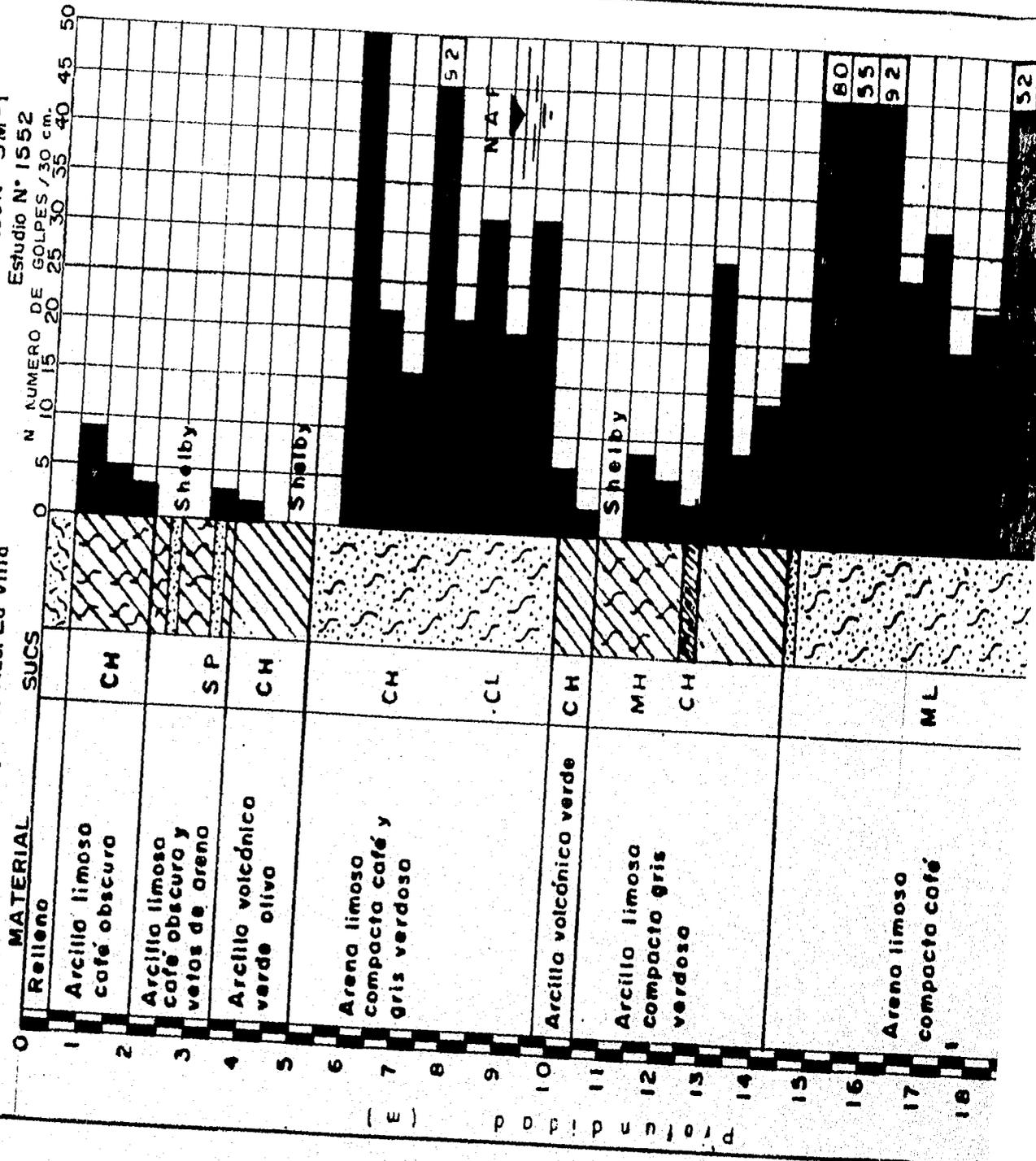
En toda el área que ocupa la escuela, se observa una coincidencia entre la presencia de conjuntos arbóreos y las depresiones que ha sufrido el terreno. Una de las evidencias más elocuentes es la no verticalidad de los troncos de los árboles situados cerca del perímetro de las hondonadas, que nos habla de su inclinación progresiva, causada por la desecación de los suelos superficiales. Este fenómeno ya ha sido observado en otras partes de la ciudad y se presenta cuando la capa arcillosa superficial tiene de antaño un alto grado de saturación y ocurre un brusco descenso del nivel freático. En estas circunstancias, se operan un enjuntamiento que produce depresiones y grietas en el terreno favoreciendo el encharcamiento y hundimiento locales por la falla de las paredes de las grietas. Estos hundimientos se agravan ante la existencia de agua pluvial o por fugas en el sistema de agua y drenaje.

Como ya se mencionó en el capítulo I existe nuevamente la influencia de la línea 6 del "Metro", se hace patente pues ésta corre paralela al lindero norte del terreno de la ESIME. A pesar de que las escaleras de acceso a la estación Ferrería parece estar a una distancia aproximada de 15 m respecto al lindero mencionado, se hace preocupante el hecho de que las aguas pluviales encuentran allí un resumidero por la presencia de una grieta con longitud de más de 25 m y de 15 a 20 cm de ancho, que posiblemente propicie la entrada de agua superficial hacia la cimentación del edificio N° 1 de Gobierno y/o Auditorio.



Obra: ESIME AZCAPOTZALCO  
 Lugar: Av. Las Granjas y Calz. Azc. La Villa

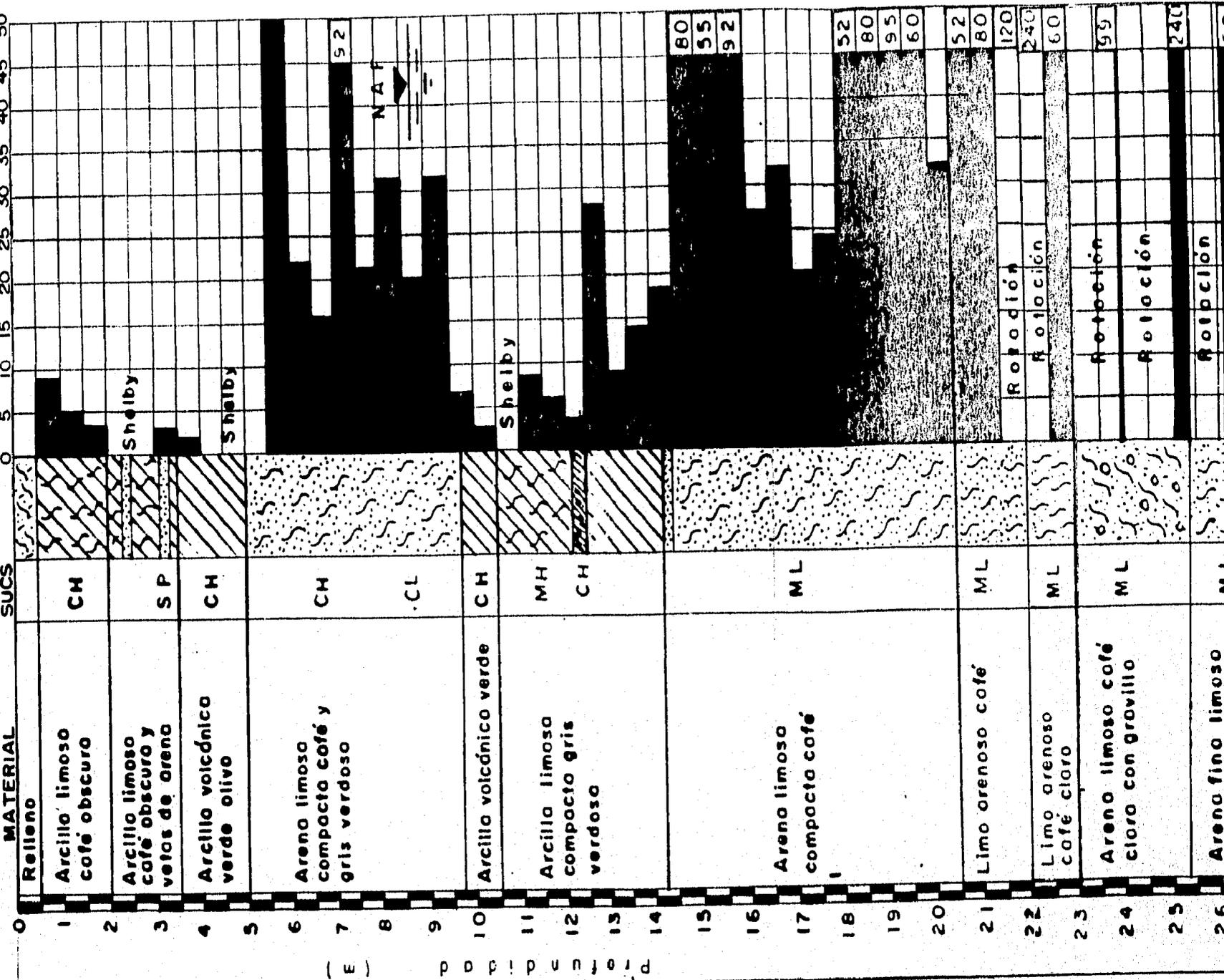
Sondeo N° SM-1  
 Estudio N° 1552  
 N° NUMERO DE GOLPES / 30 cm.



(E) P o d i d o s d e P r o f u n d i d a d

Obra: ESIME AZCAPOTZALCO  
 Lugar: Av. Las Granjas y Calz. Azc. La Villa

Sondeo N° SM-1  
 Estudio N° 1552  
 NÚMERO DE GOLPES / 30 cm.



Profundidad (E)







RESULTADO DE ENSAYES DE SONDEO

C. F. R. K. ESCUELA E.S.T.N.E. AZCAPOTZALCO

Expediente: EMS-155:

UBICACION: AVE. DE LAS GRANJAS Y C2, AZCAPOTZALCO-LA VILLA

Fecha: 03.09.13

PROF: (N) MATERIAL SUCS CL M ML MF IP PVH PVS D N E S D C P

SONDEO NUMERO: SM-1

2	0.5 - 1.0	LIMO ARCILLOSO CAFE	ML	0	26	26	28	0	1.70	1.35	2.43	44	0.81	79	----	----	----
3 y 4	1.0 - 2.0	ARC. LIMOSA CAFE OPS	ML	5	32	38	29	9	1.46	1.11	2.10	47	0.90	75	----	3.00	30'
5	2.0 - 2.5	ARCILLA VOLC. Y LIMO	ML	73	----	----	----	----	1.35	0.74	----	10	-1.0	----	45.0	3.50	32'
7	3.0 - 3.5	ARENA LIMOSA CAFE DR MH	6	73	87	48	39	1.23	0.71	2.10	66	1.95	78	0.2	----	----	----
6:	3.5 - 4.0	ARC. VOLC. VERDE OLIVA MH	16	109	150	50	100	1.18	0.58	2.20	74	2.90	83	12.5	----	----	----
	4.0 - 4.5	ARC. VOLCANICA VERDE	ML	67	----	----	----	----	1.31	0.76	----	18	-1.0	----	----	----	----
10	4.5 - 5.0	ARC. VOLC. VERDE OLIVA	ML	189	----	----	----	----	1.23	0.46	----	10	-1.0	----	----	----	----
13	6.0 - 6.5	ARENA LIMOSA GRIS V.	ML	1	28	29	24	5	1.76	1.36	2.57	45	0.83	85	----	----	----
14 y 15	6.5 - 7.5	LIMO ARC. CAFE GRIS	ML	1	25	26	18	8	1.62	1.48	2.52	42	0.73	81	----	----	----
16 y 17	7.5 - 8.5	LIMO CLAPCILLA V.G.	2	14	15	12	3	1.12	1.51	2.43	37	0.54	57	----	----	----	----
18 y 19	8.5 - 9.5	ARC. LIMOSA VERDE G.	ML	2	30	35	20	15	1.64	1.45	2.40	44	0.74	64	----	----	----
21	10.5 - 10.5	ARC. VOLC. VERDE OLIVA MH	25	158	240	50	190	1.27	0.45	2.30	79	3.67	95	----	----	----	----
22	10.5 - 11.0	ARC. VOLC. VERDE OLIVA	ML	54	----	----	----	----	1.13	0.23	----	10	-1.0	----	----	----	----
23 y 24	11.0 - 12.0	ARC. LIMOSA VERDE O.	MH	3	54	63	57	6	1.49	0.94	2.30	54	1.45	93	----	----	----
25	12.0 - 12.5	ARC. VOLC. VERDE OLIVA MH	31	238	300	51	249	1.12	0.33	2.40	66	6.24	91	----	----	----	----
26 y 27	12.5 - 13.5	ARC. CON POCO LIMO	ML	3	35	40	29	11	1.56	1.16	2.33	50	1.02	80	----	----	----
28	13.0 - 14.5	LIMO CON ARCILLA AP.	ML	0	22	23	23	0	1.62	1.50	2.62	43	0.75	77	----	----	----
29	14.5 - 15.0	ARC. LIMOSA GRIS CL.	ML	0	17	17	16	1	1.75	1.50	2.55	41	0.70	82	----	----	----
31 y 32	15.0 - 16.0	LIMO ARENOSO GRIS CL.	ML	0	16	17	17	0	1.49	0.43	2.62	35	0.61	69	----	----	----
33 y 34	16.0 - 17.0	LIMO GRIS OSCEUDO	ML	0	19	20	20	0	1.95	1.64	2.67	35	0.63	81	----	----	----
35 y 36	17.0 - 18.0	LIMO ARC. GRIS CLARO	ML	0	19	20	2	0	1.94	1.63	2.62	36	0.61	82	----	----	----
37 y 38	18.0 - 19.0	LIMO ARC. GRIS CLARO	ML	0	19	20	20	0	1.86	1.39	2.30	39	0.65	87	----	----	----
39	19.0 - 20.5	LIMO ARC. GRIS CLARO	ML	2	14	14	14	0	1.97	1.73	2.55	33	0.50	73	----	----	----
40 y 41	20.5 - 21.5	LIMO ARC. CAFE CLARO	ML	3	21	23	17	6	0.92	1.59	2.62	34	0.65	84	----	----	----

CL=CONTRACCION LINEAL; M=HUMEDAD; ML=LIMITE LIQUIDO; MF=LIMITE PLASTICO; IP=INDICE PLASTICO;  
 PVH=PESO VOL. HUECO (TON/M<sup>3</sup>); PVS=PESO VOL. SECO; D=DENSIDAD; N=POROSIDAD; E=ODIEDAD;  
 S=GRADO DE SATURACION; C=CONF. AREAL (TON/M<sup>2</sup>); C=COHESION (TON/M<sup>2</sup>); F=FRICCION INTERNA (GRADOS).

**RESULTADO DE ENSAYES DE SONDEO**

C P R A I ESCUELA E. O. J. M. E. AZCAPOZALCO  
 DIFICACION: AVE. DE LAS GRANJAS Y C2, AZCAPOZALCO  
 P.M. P.A.D. (M) MATERIAL SUCS CL N NL

Expediente: ENS-1552  
 Fecha: 93.04.13  
 D A E E D C O

SONDEO NUMERO: SM-2

2,3,4	0.5 - 2.0	ARC.LIMOSA CAFE OPS. MH	2	50	1.06	2.40	55	1.22	96	----	4.00	10'	
2,3,4	0.5 - 2.0	ARC.LIMOSA CAFE OPS. MH	2	50	1.08	2.40	55	1.22	96	----	4.00	10'	
6	2.5 - 3.0	ARC.VOLC.VERDE OLIVA MH	11	100	1.69	2.46	71	2.50	100	----	----	--	
7 y 8	3.0 - 4.0	ARC.VOLC.VERDE	MH	20	153	2	48	2.14	77	3.44	95	----	--
9 y 10	4.0 - 5.0	ARC.VOLC.VERDE OLIVA MH	36	351	3	25	2.20	85	7.70	100	4.2	2.10	10'
11 y 12	5.5 - 6.5	ARENA LIMOSA CAFE O. ML	0	23	62	2.60	36	0.61	69	----	5.00	17'	
13	6.5 - 7.5	ARENA LIMOSA CAFE O. ML	6	29	40	2.50	44	0.75	62	----	----	--	
14	7.5 - 8.0	LIMO ARCILLOSO GRIS ML	2	34	40	2.20	46	0.92	66	----	----	--	
15 y 16	8.0 - 9.0	LIMO ARENOSO GRIS ML	0	20	54	2.60	41	0.65	73	----	----	--	
17 y 18	9.0 - 10.0	ARENA LIMOSA CAFE OF SM	0	15	66	2.70	36	0.63	65	----	----	--	
19 y 20	10.0 - 11.0	ARENA LIMOSA CAFE O. SM	0	22	59	2.60	35	0.64	63	----	----	--	
21 y 22	11.0 - 12.5	ARENA LIMOSA BEIGE SM	0	18	76	2.60	31	0.46	61	----	----	--	
23 y 24	12.5 - 13.5	ARENA LIMOSA GRIS SM	0	14	36	2.60	47	1.25	61	----	----	--	
25	13.5 - 14.0	ARENA LIMOSA GRIS SM	1	21	67	2.50	35	0.55	59	----	----	--	
26 y 27	14.0 - 15.0	LIMO ARENOSO GRIS SM	2	20	57	2.40	35	0.53	4	----	----	--	
28	15.0 - 15.5	ARC.LIMOSA CAFE ML	6	22	54	2.34	34	0.52	64	----	----	--	
29	15.5 - 16.0	ARC.LIMOSA CAFE GRIS MH	1	27	46	2.45	41	0.71	62	----	----	--	
30 y 31	16.0 - 17.0	ARC.LIMOSA CAFE GRIS ML	4	43	18	2.50	53	1.15	64	----	----	--	
32 y 33	17.0 - 18.5	ARC.LIMOSA GRIS CL ML	6	23	63	2.60	37	0.60	100	----	----	--	
34 y 35	18.5 - 20.0	ARENA LIMOSA GRIS CL ML	7	16	71	2.60	39	0.52	60	----	----	--	

CL=CONTRACCION LINEAL; M=HUMEDAD; ML=LENITE  
 P=PESO VOL. HUMEDO (TON/M<sup>3</sup>); PVS=PESO VOL. SECO;  
 S=GRADO DE SATURACION; C=COMP. AXIAL (TON/M<sup>2</sup>)

E=PLASTICO; IP=INDICE PLASTICO;  
 S=OSIDADA; E=ODENADO;  
 I=FRICCION INTERNA (GRADOS)

## B.- PRUEBAS DE CARGA

Para conocer la capacidad de carga y si hay o no penetración del pilote sobre la capa en la cual está apoyado, se determinó realizar pruebas de carga a 3 pilotes que se ubican en la cabecera norte del edificio que es la zona de más hundimiento, de acuerdo a la nivelación recabada a la fecha de octubre de 1993 ya presentada en la fig. VI.4. Esos pilotes fueron los marcados con los números 21, 23 y 24. Al pilote N° 24 se efectuó prueba de carga en 12 hrs. sin descargar el pilote, y a los pilotes números 21 y 23 se les hizo prueba de carga en 100 min.

Esta prueba consistió en aplicar 100 toneladas sobre el pilote de control con el equipo de carga lenta de P.I.C.O.S.A., siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- 1) Revisión del equipo en cada una de sus partes, principalmente, en la calibración del manómetro del equipo hidráulico y del micrómetro.
- 2) Instalación del equipo de carga lenta de acuerdo a la fig. VI-8.
- 3) Toma de lecturas iniciales, del tiempo; de la deformación de los cubos con un vernier; de la lectura del micrómetro; y de la lectura del manómetro.
- 4) Aplicación de una carga lenta de 25 toneladas, cada hora, hasta llegar a 100 toneladas, tomando las lecturas indicadas cada 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40 minutos y cada 10 minutos sucesivamente hasta terminar la prueba.
- 5) Cuando se alcanzó una carga de 100 toneladas, se ajustaron las tuercas del control mecánico para que la carga del equipo se estabilice.
- 6) Se revisó continuamente que no hubiera fugas del líquido hidráulico tanto en la caja de inyección como en el gato hidráulico.
- 7) Cuando el manómetro indicaba que la carga descendía se siguió inyectando presión con el manual, volviendo a ajustar las tuercas del control mecánico.
- 8) Se mantuvo durante aproximadamente 6 hrs. la carga de 100 toneladas, y se continuaron registrando las lecturas del tiempo, deformación de cubos, micrómetro y manómetro durante ese tiempo.
- 9) Se hizo descender la carga en decrementos de 25 toneladas hasta llegar a 0 toneladas; tomando lecturas cada 10 minutos.
- 10) Se desmontó primeramente con mucho cuidado el micrómetro y el equipo restante.

- 11) Se dibujaron en una sola hoja las gráficas de las observaciones: tiempo - lecturas de micrómetro y tiempo - aplicación de las cargas, ajustando las escalas para poder comparar los resultados.

En las figuras VI.9, VI.10 y VI.11 se muestran las gráficas de las pruebas de carga de los pilotes 24, 23 y 21 respectivamente.

#### **C.- CALAS EN LOSA DE CIMENTACION**

La hechura de calas fueron para conocer la separación de la losa de cimentación respecto al suelo de apoyo.

Se realizaron dos calas para observar y medir dicha separación. Estas calas se encuentran ubicadas según indica la fig. V.12 fueron de dimensiones 30 x 30 cm, observándose una separación del terreno de 2.5 a 3.0 cm respecto a la losa de cimentación.

#### **D.- REVISION DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUBOS DE MADERA DEL DISPOSITIVO DE CONTROL DE LOS PILOTES.**

Este cambio de cubos forma parte de las actividades a realizar en el mantenimiento llevado a cabo en todos los dispositivos de control del pilote de control, y su proceso es el siguiente:

- a) Se marca en el fuste del pilote una línea horizontal al mismo nivel del paño superior del dado.
- b) Se procede a descargar el pilote, ya sea por extracción directa de los cubos o aplicando carga hidráulica para aflojar las tuercas del control mecánico.
- c) Se quitan los cubos deformados y se sustituyen por cubos nuevos.
- d) Se aplica carga hidráulica para volver a cargar el pilote y se hace regresar la línea marcada inicialmente con el fuste del pilote, al paño superior del dado.
- e) Termina así el procedimiento.

EQUIPO PARA PRUEBA DE CARGA

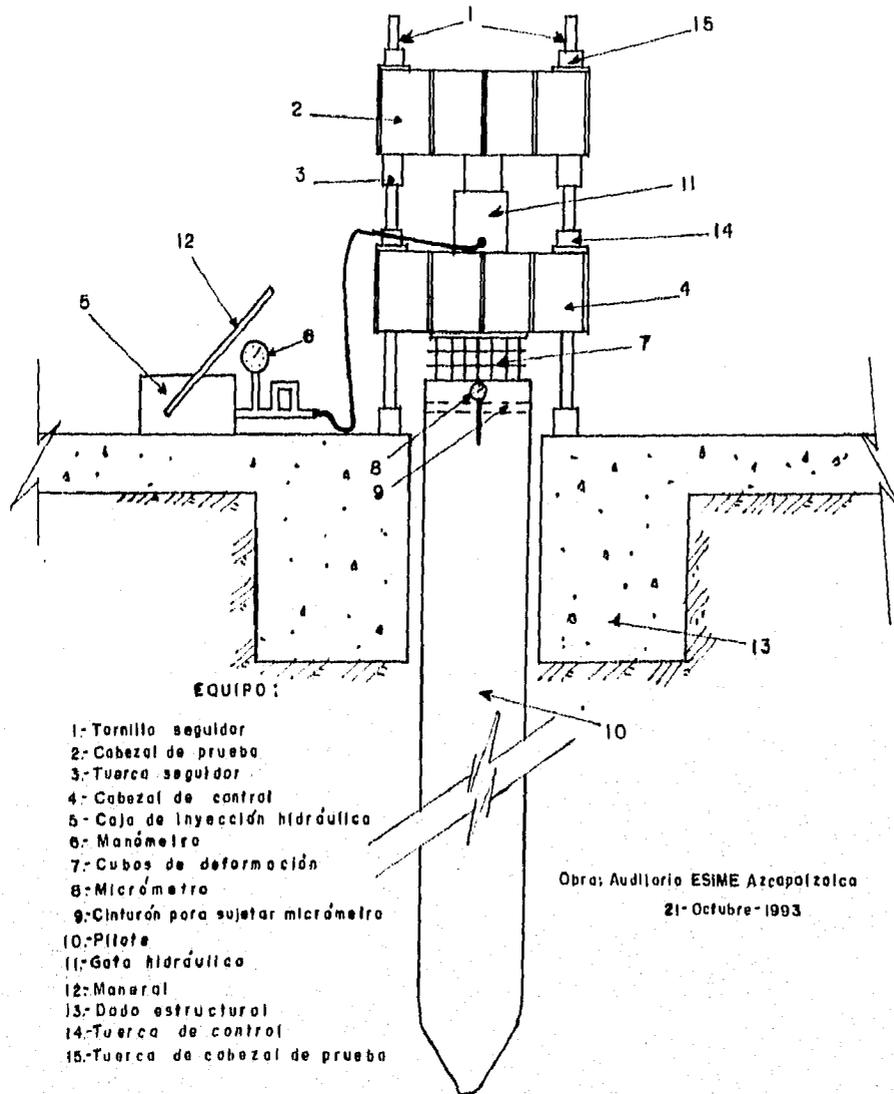


Fig. VI-8

GRAFICA DE CARGA - DEFORMACION - TIEMPO Pilote No. 24.  
 (sin descargar o quitar cubos)  
 j3 - Octubre - '93

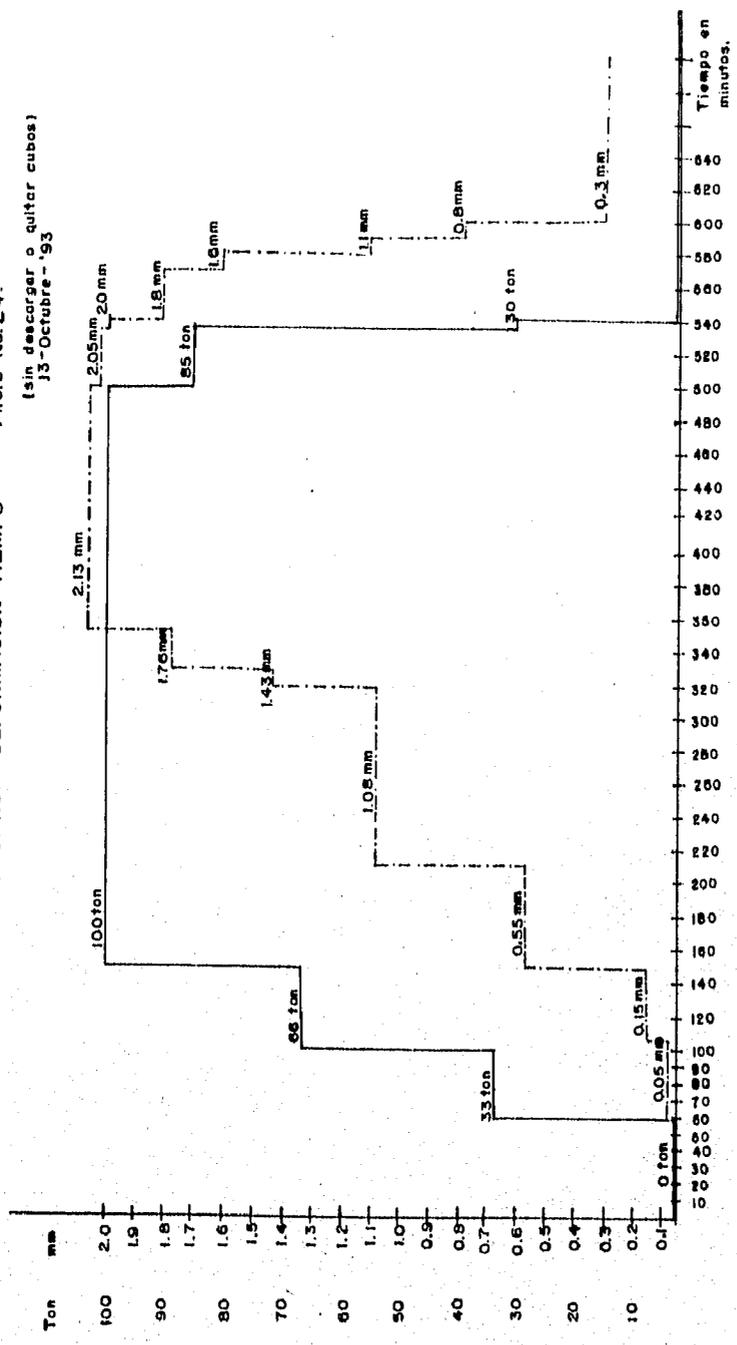


Fig. VI - 9

GRAFICA DE CARGA-DEFORMACION-TIEMPO Pilote No.23

(Aplicación de carga sin cubos)  
20-Julio-'93

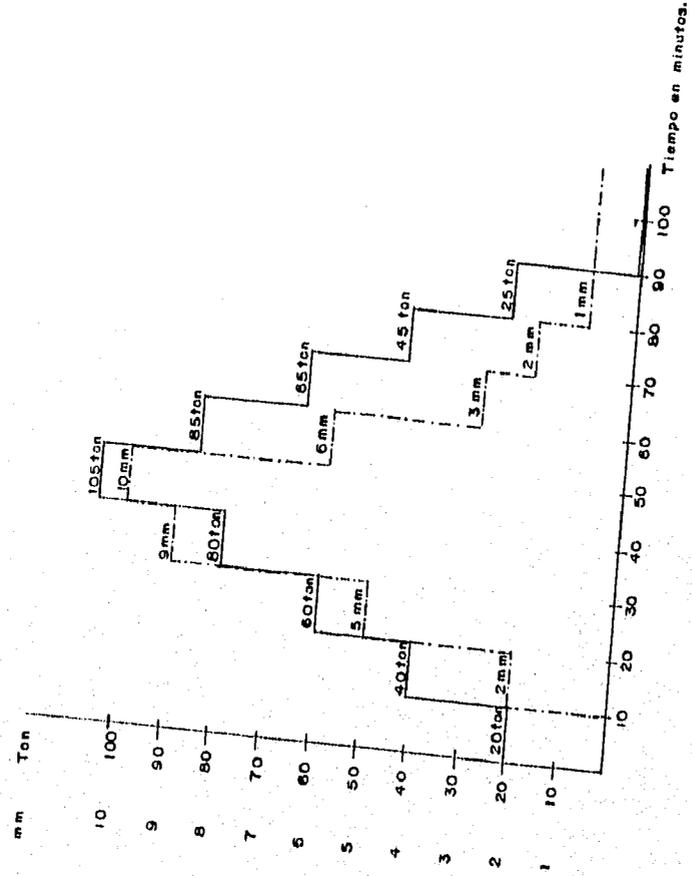


Fig. VI-10

GRAFICA DE CARGA - DEFORMACION - TIEMPO Pilote No-21

(Aplicación de carga sin cubos)  
22 - Julio - '93

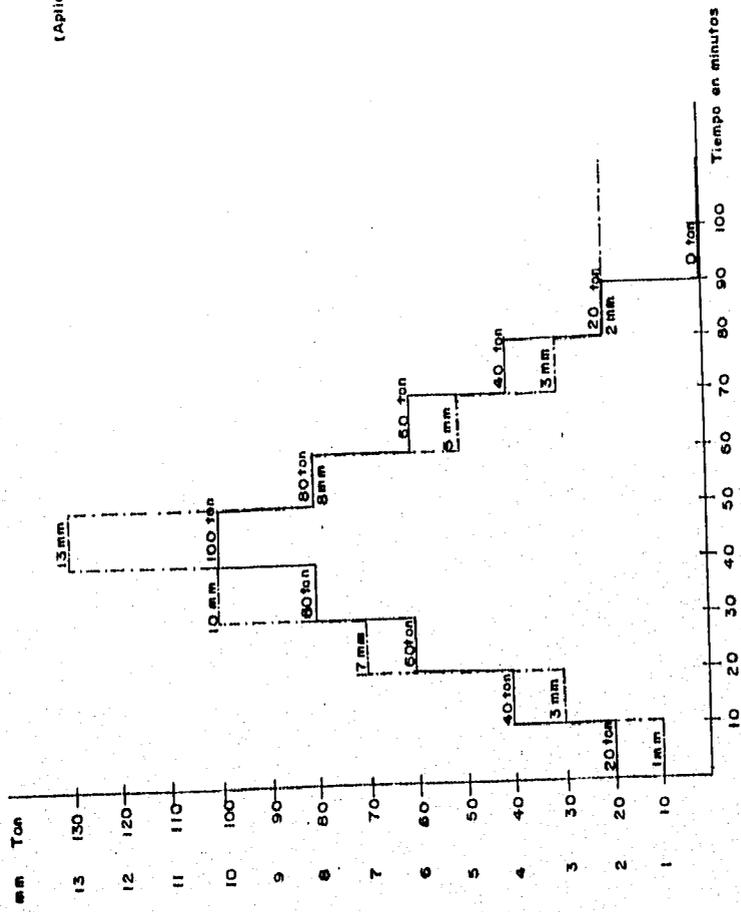
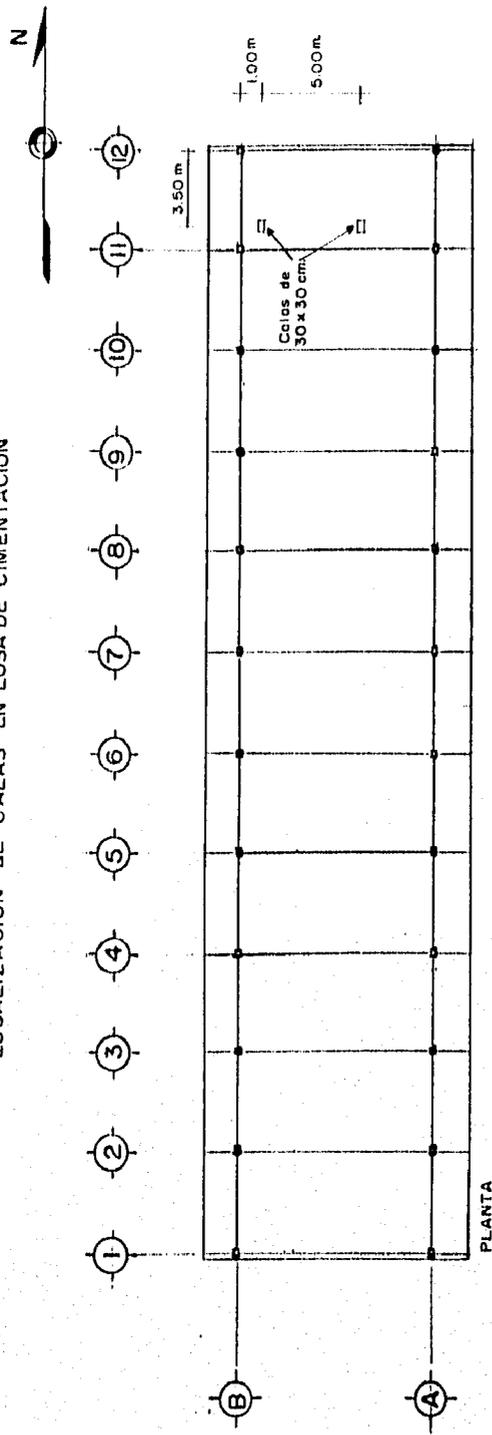


Fig. VI-11

LOCALIZACION DE CALAS EN LOSA DE CIMENTACION



PLANTA

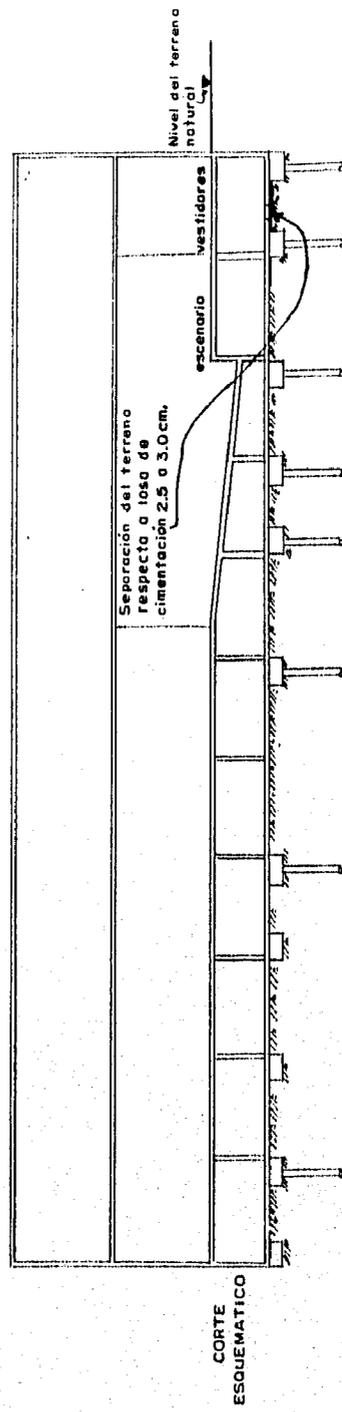


Fig. VI-12

## CONCLUSIONES

Después de la revisión y evaluación de los estudios y pruebas efectuadas para poder dictaminar lo que sucede en los edificios de la ESIME Azcapotzalco, en este caso particular del edificio del Auditorio se ha llegado a concluir y a dar respuesta a las hipótesis planteadas en un principio, las cuales son:

**Hipótesis Primera:** Los pilotes de control están apoyados en una capa resistente y su trabajo es satisfactorio, lo cual se determina porque al ser probados con cargas de 100 toneladas, estos pilotes, al retirárseles la carga "rebotaron" prácticamente lo mismo que se comprimieron al recibir la carga. Esto se observa en las gráficas de las pruebas de carga.

**Hipótesis Segunda:** En el supuesto caso de que los pilotes estuvieran apoyados en una capa que se está hundiendo, normalmente el descenso debería ser similar en todos los pilotes, cosa que no ocurre y los cubos de los dispositivos de control no se deformarían por no tomar carga, cosa que tampoco ocurre pues los cubos sí sufren deformación. Además los sondeos indican la capa resistente de apoyo de los pilotes en la profundidad a la cual fueron hincados.

**Hipótesis Tercera:** Los pilotes de control se encuentran sobrecargados ya que al estar separada la losa de cimentación del terreno de apoyo, la carga pasa a ser absorbida totalmente por los pilotes, añadiéndose la sobrecarga que la fricción negativa ocasiona por las condiciones que tiene el terreno.

La carga que los pilotes soportan se determinó aplicando carga hidráulica al mismo pilote encontrándose que está en un rango de 105 a 110 toneladas, ya que al llegar a la aplicación de esa carga, los tuercas del control mecánico se aflojan.

El hundimiento del pilote es de 2 mm al ser aplicada la carga de 100 toneladas durante 6 horas. Al quitar la carga aplicada durante ese tiempo, el rebote fue prácticamente lo mismo, por lo que se da la resolución que el pilote no tiene penetración en la capa resistente.

**Hipótesis Cuarta:** Revisando el procedimiento del cambio de cubos a los dispositivos de control se observó lo siguiente:

- a) Se realizaron de 1990 a la fecha de octubre de 1993 tres cambios de cubos.
- b) El cambio de cubos se realizó de acuerdo a la rutina usual en o todos los edificios que requieren mantenimiento.
- c) Teniendo el pilote de control cubos nuevos, y al aplicar carga hidráulica para que estos nuevos cubos tomen carga, tienden a deformarse de 2.5 a 3.0 cm quedando aún en teoría 4.5 cm por deformarse, ya que su rango de deformación

les permite hasta 7.5 cm, cuando son de 3 capas de cubos (3 capas x 5 cm de altura = 15 cm).

- d) Durante el transcurso de un año, la carga del edificio tiende a deformar a los cubos de 2 a 3 cm, o hasta más cuando las cargas rebasan los límites aceptados por los mismos cubos, lo cual permite hacer descender la estructura siguiendo el ritmo que marca el hundimiento regional.
- En este caso, por estar el edificio separado del terreno en el cual debiera estar asentado, el descenso de la estructura ha ocurrido con mayor rapidez, pues multiplicando 3 cambios de cubos hechos en el transcurso del mantenimiento en el período mencionado por 3 cm en cada cambio da como resultado 9 cm de hundimiento.
- De ser así ésta sería la magnitud del descenso registrado de abril de 1990 a octubre de 1993 en el punto B-12 siendo en realidad ésta de 14.5 cm (-34.0 a -19.5 = 14.5 cm). Lo que hace suponer que el problema se deriva de esta situación: aunado a lo ya expuesto los 9 cm mencionados aumentan a 14.5, debido muy probablemente a que en el proceso de cambio de cubos la posición inicial de la estructura no es respetada totalmente, es decir, al no estar la estructura en contacto con el terreno en el momento de efectuarse el cambio de cubos, la estructura sufre un movimiento cambiando de posición, la cual tiene que recuperarse totalmente después de efectuarse el cambio de los cubos, siendo ésta la causa más probable que ha motivado el fenómeno de la problemática existente, debiendo tener en lo sucesivo fija la atención y mayor control en esta tarea de mantenimiento.

Como se evidenció, otro de los factores que ha contribuido a la generación del problema de los hundimientos irregulares es la existencia de grietas situadas en los primeros 7 u 8 m de profundidad con aberturas del orden de 20 cm y grietas secundarias, generadas por el enjutamiento de los suelos arcillosos bajo la influencia de un brusco descenso del nivel freático, ocasionado por el bombeo de agua en pozos profundos de la zona. El abatimiento del nivel freático ha sido propiciado también por la extracción del agua superficial por parte de los árboles, lo cual ha formado hondonadas donde se acumula momentáneamente el agua de las lluvias, la cual penetra y si se encuentra cerca de la cimentación de un edificio, ésta es afectada.

En la fig. VI.13 se ilustran la ubicación de grietas, depresiones y zonas arboladas que muestran las condiciones superficiales del terreno:

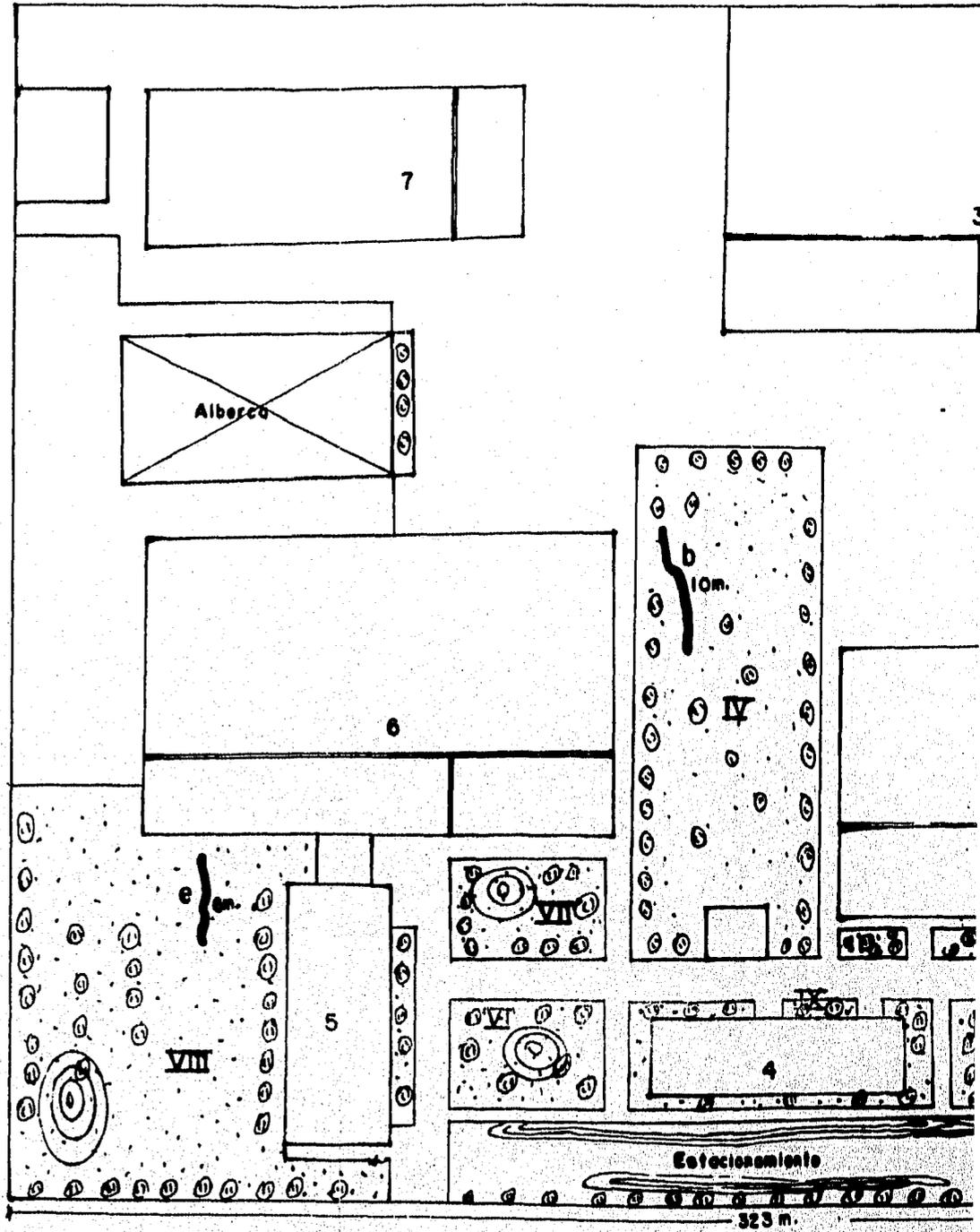
- (a) Se observa la grieta de aproximadamente 25 m de largo por 15 a 20 cm de ancho, que es paralela a la avenida Azeapotzalco - La Villa la cual ya se hizo referencia.

- b) Otra gran grieta se observa ubicada al norte del edificio (6), y es de aproximadamente 10 m de largo por 10 cm de ancho, a pesar de que esa zona está cubierta de pasto se puede apreciar bastante bien.
- (c) y (d) Dos grietas al norte del edificio (2), las cuales; la 1ª ubicada al lado oriente (punteada), fue observada en 1990 cuando se recimentó el edificio de Auditorio, seguramente fue tapada con tierra de relleno, que colocaron en esa zona para remodelar las áreas verdes con la finalidad de darle vista al edificio. La otra grieta, que se encuentra al Poniente, que también fue tapada, atraviesa por debajo de la caseta de la Sub-Estación.
- (e) Existen otras grietas, que observándolas detalladamente se puede uno dar cuenta de su presencia, ya que éstas son tapadas por el pasto, por ejemplo, la que se encuentra al sur del edificio (5).

Existen zonas arboladas, repartidas en 9 grandes áreas verdes I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII y IX. Estos árboles que absorben el agua superficial provocando hondonadas que se aprecian en todos los jardines de la escuela.

Las depresiones u hondonadas se pueden observar desde cualquier lado. Varían desde 0.00 m a -1.0 m.

Respecto al nivel de banqueta de la calle, se puede apreciar el desnivel que existe al propio estacionamiento, que es aproximadamente de 1.20 m. Como se mencionó, las depresiones observadas están situadas principalmente en áreas verdes y arboladas a excepción del estacionamiento que en todo su tramo longitudinal, en el centro, se ha formado una loma que con respecto a sus extremos transversales forma un desnivel de 0.5 a 1.0 m.



Av. de las Granjas

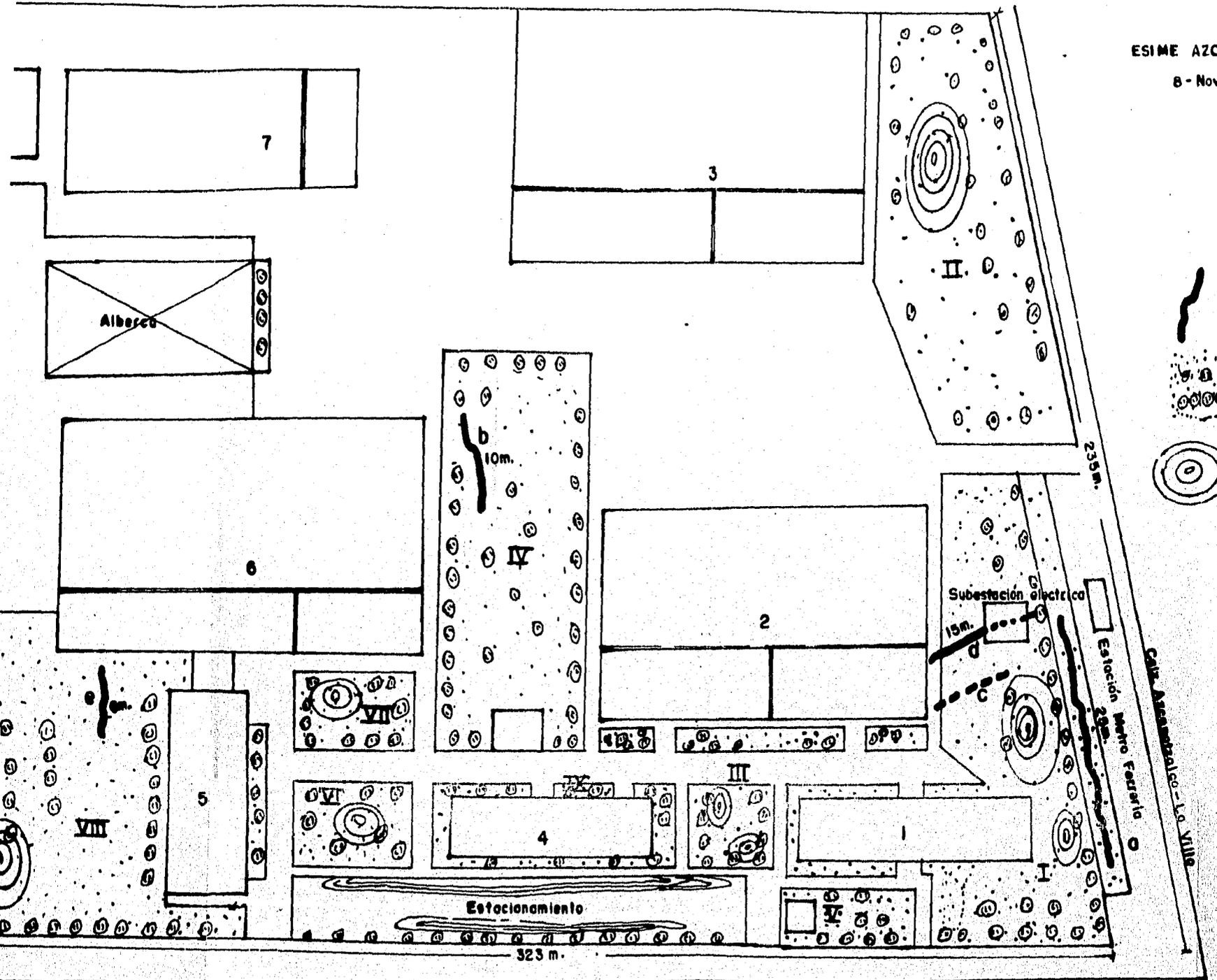
Fig. VI-13

SIM

Grietas  
10cm

Área  
árboles  
I, II.

Hondonada  
depr. suelo



Av. de las Granjas

Fig. VI-13

ESIME AZCAPOTZALCO

8 - Nov. - 1993

SIMBOLOGIA

 Grieta mayor de 10cm, de ancho

 Area verde con árboles  
I, II, ..., IX

 Hondonada o depresión del suelo.

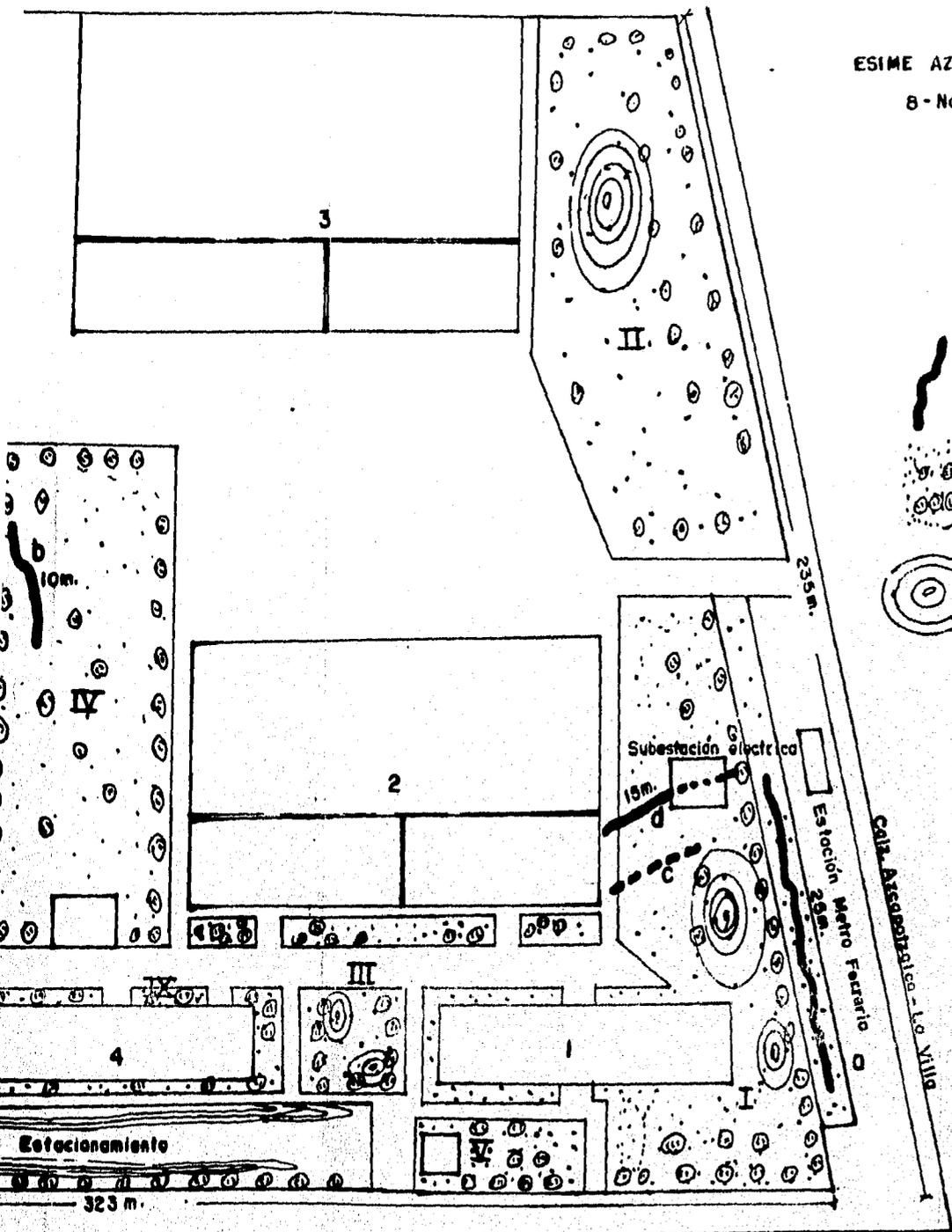


Fig. VI-13

### VI.3 RECOMENDACIONES FINALES.

Los resultados han revelado con base a las hipótesis planteadas, como origen de la problemática existente en el edificio de Auditorio y en general en zona de la ESIME Azeapotzalen, la importancia que representa la aplicación de un programa de mantenimiento, el cual debe ser oportuno y eficiente, pues no basta como se hizo evidente con la aplicación de la técnica y tecnología que ofrece el pilote de control para la rehabilitación plena de un edificio sino que debe estar implícito e indispensable la implementación del mantenimiento del dispositivo de control y vigilancia del edificio que forma parte del programa.

Visualizando la problemática ya explicada, las recomendaciones finales para la completa adecuación del edificio en estudio son las siguientes:

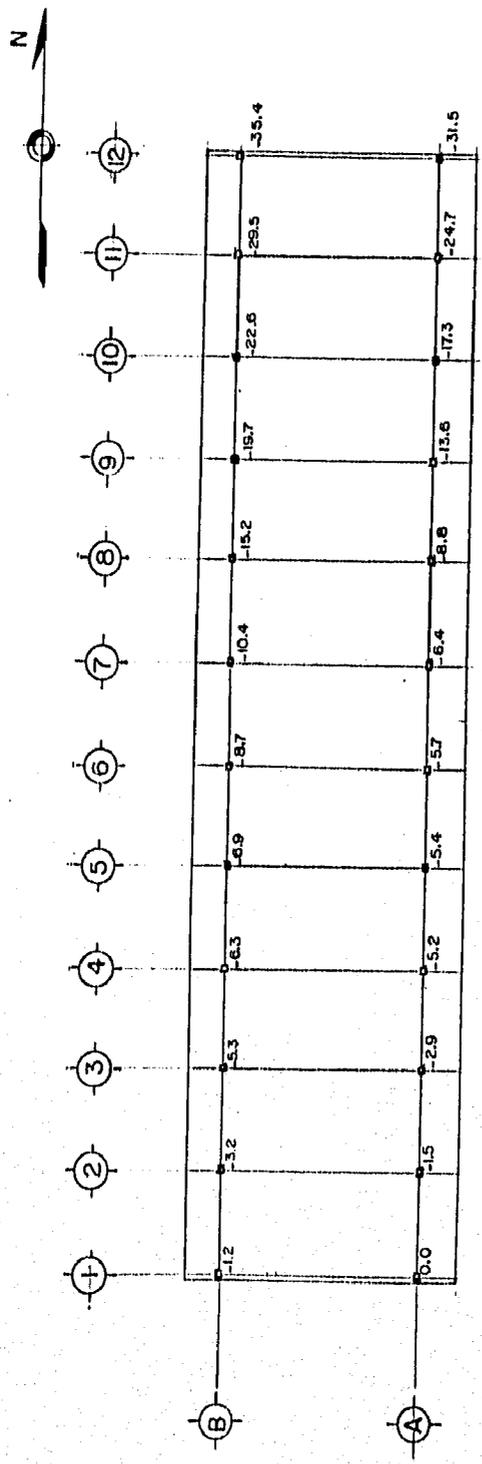
- 1.-
  - a) Es conveniente hacer trabajar al terreno para que éste pueda absorber parte de la carga que el edificio transmite a los pilotes.
  - b) Se debe estimular el descenso de la parte sur del edificio, para que en un lapso de tiempo el área total del edificio pueda estar apoyada en el terreno. Esto ayudará a que los desniveles que actualmente se presentan entre el punto más alto y el más bajo disminuyan o no se presenten.
  - c) Al estar descendiendo la parte sur, para lograr la nivelación, se tendrá que sujetar el área norte que ocupa el Auditorio con los pilotes de control.
- 2.- Tratamiento de Grietas: Se recomienda que se localicen las grietas, que se laven y rellenen con un lodo espeso, con una resistencia y compresibilidad parecida a la de los suelos adyacentes, incluyendo las separaciones que existen bajo las cimentaciones.
- 3.- Llevar a cabo la vigilancia y control del inmueble con el programa preventivo de mantenimiento, teniendo especial atención en la tarea de cambio de celdas de deformación, dicho programa comprende las actividades siguientes:
  - Las nivelaciones topográficas periódicas.
  - Procurar mantener las celdas de cimentación limpias y secas libres del agua de origen freático. (En este caso no ocurre por encontrarse el N.A.F. muy por debajo del nivel de cimentación, éstas permanecen secas).
  - Revisión también periódica, de los dispositivos de control observando las deformaciones en las celdas o cubos, registrándose dicha deformación.
  - Sustitución cuando ya es necesaria de las celdas de deformación (cubos de madera) efectuándose de manera precisa y como lo indica las normas del pilote de control.

- Proporcionar carga al pilote, actividad simultánea a la anterior dejándolo en las condiciones de funcionalidad iguales que al inicio del cambio de cubos, cuidando se mantenga la posición en ese punto del edificio como originalmente se encontraba al momento de iniciar las labores de mantenimiento.
  - Engrasar y/o pintar todas y cada una de las partes metálicas del dispositivo de control manteniendo su estado de conservación en condiciones óptimas de funcionamiento.
  - Asegurar el libre paso del pilote a través de la cimentación manteniendo el espacio entre éste y el dado de cimentación totalmente libre, manteniendo el espacio taponado con estopa común y estopa alquitranada, esta última sólo cuando hay presencia de agua freática.
- 4.- Se recomienda se instale un banco de nivel profundo, apoyado en terreno firme (unos 20 m) y tres bancos flotantes que se ubiquen lejos de los edificios, a salvo de cualquier influencia perturbadora. Sus cotas respecto al banco profundo nos revelarán los hundimientos regionales de esta localidad y permitirán calcular los movimientos regionales reales de los puntos que se vienen observando en los edificios.

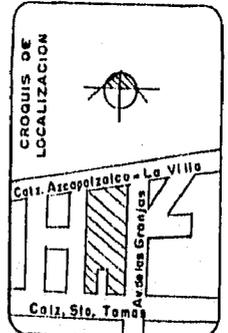
Lo que se desprende del presente trabajo, es que la Rehabilitación del edificio en estudio, que se pudo llevar a cabo utilizando tecnología y técnicas constructivas netamente mexicanas, las cuales se han desarrollado a un nivel de vanguardia por las condiciones y características que guarda el subsuelo de la Cd. de México, dirigiendo a la Ingeniería en general y en particular a la de suelos, a los estudios y soluciones que se plantean al erigirse esta ciudad en la región del Valle de México.

En el presente trabajo las etapas constructivas presentadas dan origen y se plantean lógica y secuencialmente el objetivo de conseguir que una estructura que experimenta un comportamiento inadecuado o no deseado, sea recuperada invirtiendo en él los mínimos recursos económicos posibles, sin descuidar con esto las premisas imprescindibles que debe poseer un inmueble como son: funcionalidad, seguridad, confort y que sea duradero, etc. En nuestro país que no cuenta con una economía sana que permita que los edificios afectados por distintas razones sean desechados y en lugar de éstos sean construidas edificaciones nuevas, hace que en la industria de la construcción sea común y usual la práctica de la rehabilitación y adecuación que resuelvan la crítica situación de necesidad de edificaciones, para vivienda, comercios, industria, servicios, etc., sea cubierta a costos económicos bajos.

Por último en la fig. VI.14 se ilustra la posición del edificio en estudio al 4 de mayo de 1995 efectuándose el seguimiento de comportamiento del inmueble, apreciándose, si bien no una recuperación, sí una disminución de la tendencia al hundimiento a pesar de aún no llevarse a cabo las recomendaciones planteadas en su totalidad.



Nº OBRA 130  
ESIME UNIDAD ACAPOTZALCO AUDITORIO



NOTAS :  
Fig. Nº 2.  
Anotaciones en cm.  
Posición del edificio.  
El desnivel al 4 de Mayo de 1995  
es de 35.4 cm.  
con respecto al plano horizontal  
referido a la columna A-1.

Fig. VI-14

## BIBLIOGRAFIA

Expediente Obra ESIME-AUDITORIO de Cfa. Pilotes de Control, S.A.

Expediente Obra ESIME-AUDITORIO del Patronato de Obras e Instalaciones del Instituto Politécnico Nacional.

González Flores, Manuel; Pilotes de Control; (Propaganda PICOSA) México, 1984.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez; Mecánica de Suelos; Tomo I Fundamentos de la mecánica de suelos; Edit. Limusa. 3ª ed. México.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez; Mecánica de Suelos; Tomo II Teoría y Aplicaciones de la mecánica de suelos; Edit. Limusa; 2ª ed. México.

Marsal, Raúl J. y Marcos Mazarí; El subsuelo de la ciudad de México; U.N.A.M. Facultad de Ingeniería; México.

Ponce Córdova, José F.; Recopilación de apuntes de ruta crítica; Colegio de Ingenieros Civiles de México, Centro de Actualización Profesional.

Salazar Resines, Javier; Control de las cargas en la cimentación y de los asentamientos de edificios, mediante mecanismos en los pilotes; Artículo 2ª ed; México, 1978.