



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**" PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS  
DE LA REESTRUCTURACION DE LA  
CENTRAL TELEFONICA LAGO "**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

**ARTURO VILLARUEL AMBRIZ**

**JULIO PELAYO RAZO**



MEXICO, D. F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-084/93

Señores  
**JULIO PELAYO RAZO**  
**ARTURO VILLARRUEL AMBRIZ**  
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. FRANCISCO VAZQUEZ LIMAS** que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA REESTRUCTURACION DE LA CENTRAL TELEFONICA LAGO"**

- I. INTRODUCCION
- II. ANTECEDENTES
- III. OBJETIVO DE LA TESIS
- IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA SUBESTRUCTURA
- V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA SUPERESTRUCTURA
- VI. PRUEBAS DE CAMPO
- VII. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, a 6 de septiembre de 1993.  
EL DIRECTOR.

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

## **A MIS PADRES :**

**MAURICIO PELAYO AGUILAR.  
MARIA DE LA LUZ RAZO SEGURA.**

Porque con cariño, comprensión y sus deseos de superación, forjaron en mi el espíritu inquieto en busca de la sabiduría, el conocimiento y la fortaleza del alma. Agradezco a mis padres el apoyo en la realización de una meta más en mi vida .

## **A MI ABUELA CON CARÍÑO :**

**IGNACIA SEGURA AYALA.**

Con su amor, comprensión y sus sabios consejos a lo largo de mi vida, su apoyo en el desarrollo de mi formación como persona, profesional y de mi espíritu.

## **A MIS HERMANOS :**

**LUZ MARIA PELAYO RAZO.  
MAURICIO PELAYO RAZO.**

Con quienes he compartido alegrías, decepciones, triunfos y en quienes siempre he encontrado el consejo y la ayuda incondicional.

## **A MIS TIOS, PRIMOS :**

Con todo cariño y agradecimiento por su apoyo y comprensión.

**A SONIA MARQUEZ BECERRIL :**

Que con su apoyo, comprensión su amor motivaron en la conclusión de mis estudios universitarios.

**A MIS AMIGOS :**

Porque con su compañía fortalecieron mi deseo de superación.

## **A MIS PADRES :**

ARNULFO VILLARRUEL GALICIA.  
MA. DEL CARMEN AMBRIZ DE VILLARRUEL.

Que con su ejemplo, cariño, apoyo y comprensión, impulsaron en la realización de una meta más en mi vida y a quienes agradezco infinitamente.

## **A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS :**

ODON AMBRIZ HERNANDEZ.  
MA. DE JESUS SALGADO DE AMBRIZ.

Quienes con sus sabios consejos y permanente apoyo moral hicieron posible mi realización personal, profesional y humana, y a quienes dedico la culminación de este trabajo.

## **CON CARIÑO A MI ABUELA :**

CLEOFAS GALICIA VDA. DE V.

Que con su afecto contribuyó en mi formación.

## **A MIS HERMANOS :**

ALEJANDRO VILLARRUEL AMBRIZ.  
ERICK VILLARRUEL AMBRIZ.

Como muestra de afecto y cariño en su futura formación.

## **A MIS TIOS :**

Arturo, Redy, Raúl, Evangelina, Beatriz y Antonio, que con su ejemplo contribuyeron en mi formación y así poder finalizar mis estudios.

Pedro, Celia, Clemente, Margarita, Juana y Rubén a quienes doy gracias por su comprensión y apoyo.

## **A MARCELA :**

Que con su amor y apoyo motivó a la conclusión de ésta Tesis.

## **A MIS PRIMOS :**

En quienes encontré una mano amiga en los momentos difíciles.

## **A LA MEMORIA DE JOAQUIN CASTILLO :**

Quien através de sus sabios consejos vió forjar al hombre y amigo, y a quien estoy agradecido.

## **A MIS AMIGOS :**

Alfredo, Juan Carlos, Dora, Hugo, Pedro, Mayra, Dante, Rafael, Rocío, Claudia y Cora, por su incondicional apoyo, y con los cuales compartí satisfacciones y alegrías.

**A NUESTRO DIRECTOR DE TESIS :**

**ING. FRANCISCO VAZQUEZ LIMAS.**

Con profundo agradecimiento y respeto por su apoyo y motivación para nuestra realización profesional.

**A NUESTRO PROFESOR SINODAL :**

**ING. GILBERTO HERNANDEZ GOMEZ.**

Por su gran apoyo y colaboración para la realización de esta tesis.

**AL SR. ALEJANDRINO RAMIREZ PALACIOS :**

Por su colaboración para la realización de planos y dibujos.

**A NUESTROS PROFESORES Y SINODALES :**

En agradecimiento a su apoyo y estímulo.

**A NUESTROS PROFESORES Y A LA FACULTAD DE  
INGENIERIA :**

Con todo nuestro agradecimiento.

# **TEMA: PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA REESTRUCTURACION DE LA CENTRAL TELEFONICA LAGO.**

## **INDICE**

<b>1. INTRODUCCION.</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.</b>	<b>2</b>
<b>3. OBJETIVO DE LA TESIS.</b>	<b>6</b>
<b>4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA SUBESTRUCTURA.</b>	<b>7</b>
4.1. El subsuelo de la ciudad de México.	7
4.2. Descripción del suelo soportante.	9
4.3. Cimentación.	9
4.3.1. Análisis de la cimentación existente.	9
4.3.2. Proceso de reestructuración.	11
4.3.3. Ampliación del cajón.	14
4.4. Cimentación profunda.	23
4.4.1. Aspectos generales sobre pilotes.	23
4.4.2. Hincado de los pilotes.	24
<b>5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA SUPERESTRUCTURA.</b>	<b>29</b>
5.1. Proceso para la realización de la Central Telefónica.	29
5.1.1. Clasificación de una estructura de acuerdo con su destino, ubicación y comportamiento estructural.	34
5.1.2. Selección de materiales.	38
5.1.3. Relaciones geométricas convenientes.	39
5.1.4. Identificación de interferencias.	39
5.2. Proceso de reestructuración en superestructura.	43
5.2.1. Protecciones y colindancias.	43
5.2.2. Refuerzo en columnas.	44
5.2.3. Ampliación del edificio.	58

5.3. Rigidización a base de contraventeos metálicos.	61
5.3.1. Preparación para recibir el contraventeo.	64
5.3.2. Proceso en la fabricación y montaje del contraventeo.	69
5.3.3. Detalles.	75
<b>6. PRUEBAS DE CAMPO.</b>	<b>76</b>
6.1. Acero de refuerzo y sus propiedades.	76
6.1.1. Formas aceptadas para el acero de refuerzo.	76
6.1.2. Especificaciones de las barras de refuerzo.	76
6.1.3. Inspección de calidad en el acero de refuerzo.	78
6.1.4. Control en soldadura estructural del acero de refuerzo.	78
6.1.5. Pruebas realizadas por el laboratorio.	83
6.1.6. Comentarios.	83
6.2. Concreto.	84
6.2.1. Características del concreto.	84
6.2.2. Dosificación del concreto.	85
6.2.3. Fabricación del concreto hecho en obra.	86
6.2.4. Verificación de la calidad del concreto.	87
6.2.5. Transporte y colocación del concreto.	89
6.2.6. Aditivos para el concreto.	91
6.2.7. Curado del concreto.	92
6.3. Estructura Metálica.	93
6.3.1. Procesos previos a la fabricación.	93
6.3.2. Fabricación hecha en obra.	94
<b>7. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.</b>	<b>95</b>

## **BIBLIOGRAFIA.**

## **CAPITULO 1. INTRODUCCION.**

El aspecto más importante de este trabajo, estriba en hacer manifestar la importancia del Ingeniero residente para la correcta ejecución de los procesos constructivos de una obra que por su importancia requiere de mayor atención y cuidado en los trabajos a realizar.

Se ha buscado aprovechar los conocimientos adquiridos, ligándolos entre sí con el fin de transmitir diversos procesos de la reestructuración de la Central Telefónica denominada "Lago", ubicada en la sexta sección de San Juan de Aragón.

## **CAPITULO 2. ANTECEDENTES.**

En teoría se sabe que los movimientos telúricos que afectan a la ciudad de México, son ocasionados por subducción de las placas de Cocos y de Rivera, las que se introducen por debajo de la placa de Norteamérica.

La mayor parte de los grandes sismos ocurridos en el país, provienen de las costas de Guerrero, y se cree que son producidos por subducción; tal es el caso del terremoto ocurrido el 19 de septiembre de 1985, el que ocasionó que sufrieran alrededor de quinientas construcciones colapso total o parcial, algunas de las cuales experimentaron daños de importancia, a tal grado que después de evaluarlos tuvieron que ser demolidas totalmente.

Las instalaciones telefónicas localizadas en el área metropolitana del D.F. sufrieron el daño más grave que haya padecido red alguna a nivel mundial.

Los daños sufridos en las instalaciones telefónicas fueron de tal magnitud que se tuvo que rediseñar una nueva configuración de la red telefónica tendiente a minimizar los riesgos de catástrofes y a la vez aprovechar para mejorar la calidad del servicio, el crecimiento y la expansión del mismo, con la aplicación de nuevas tecnologías.

La revisión a la infraestructura telefónica realizada a 130 edificios del área metropolitana de la ciudad de México, fué hecha por peritos autorizados, y se clasificaron en tres grupos:

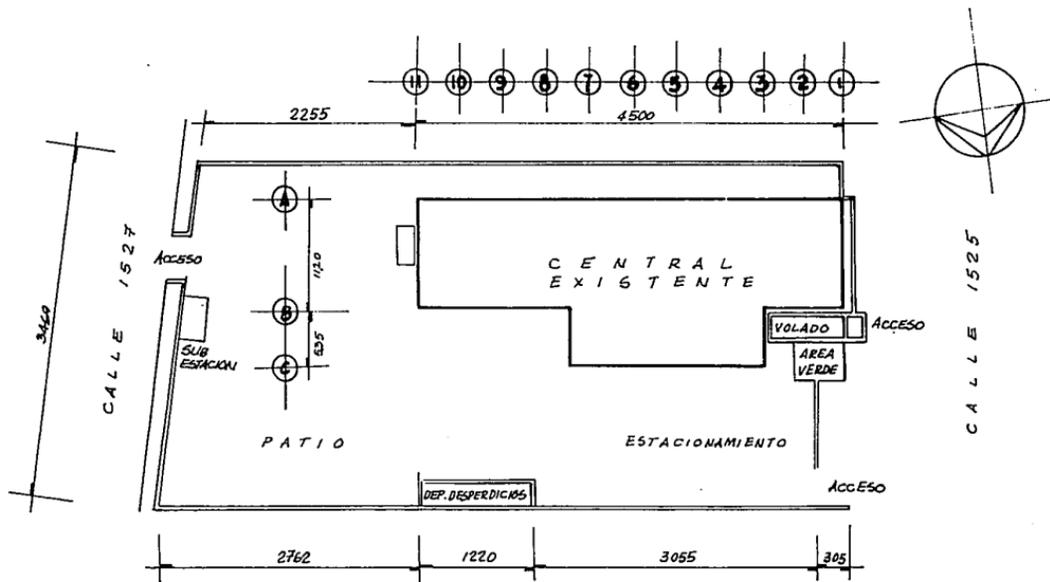
- 1.- Cuarenta y nueve edificios que representan el 38% se encontraban sin daños; tal es el caso de la Central Telefónica Lago.
- 2.- Sesenta y un edificios que representan el 47% tuvieron daños menores, lo que significa que tanto la estructura como la cimentación no fueron afectadas.
- 3.- Veinte edificios que representan el 15% tuvieron daños mayores con problemas en la estructura o cimentación.

Por otra parte, los especialistas del D.D.F., el Instituto de Ingeniería, el Colegio de Ingenieros Civiles, iniciaron los estudios para determinar las nuevas especificaciones que regirán la construcción de

obras civiles que se aplicaran tanto para nuevos edificios, como para realizar la reestructuración de las centrales telefónicas existentes.

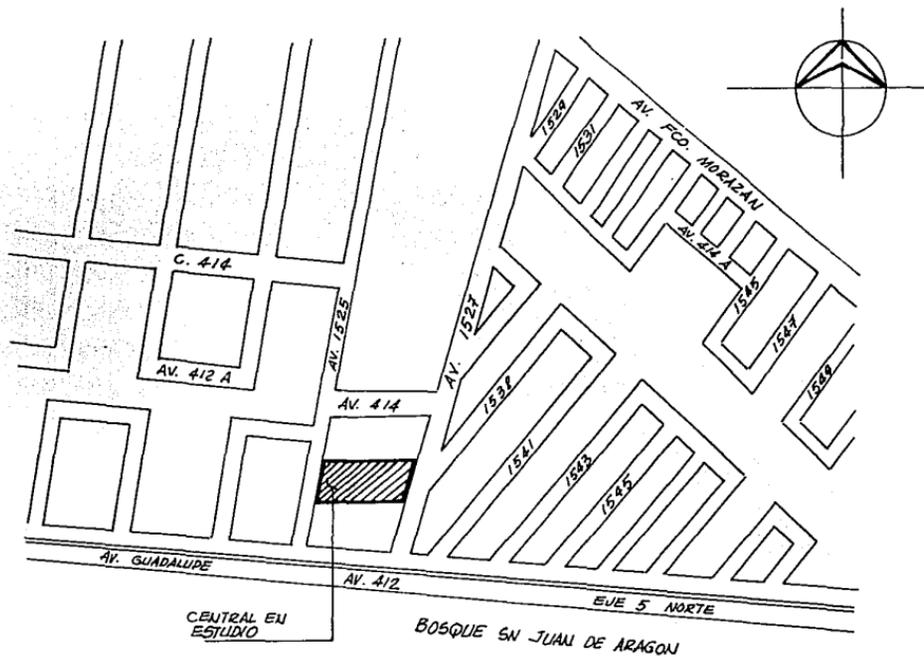
En las Centrales que no sufrieron daños, y que se encuentran ubicadas en el Valle de México, como es el caso de la Central Telefónica Lago, fué necesario efectuar trabajos de reestructuración semejantes a los que se realizaron en las centrales dañadas, esto fué con el fin de dar mayor seguridad a la estructura y a las instalaciones, y hacer que cumplieran con los requisitos marcados por el reglamento del Departamento del Distrito Federal.

La obra mencionada se encuentra ubicada en la sexta sección de San Juan de Aragón avenida 1525 #31, la cual está constituida por un sótano, donde se localizan los cables de distribución, planta baja y cuatro niveles en los cuales se encuentran las instalaciones que son necesarias para proporcionar el servicio telefónico. (Se anexan planta de conjunto y croquis de localización.)



PLANTA DE CONJUNTO  
 CROQUIS ESQUEMATICO

SIN ESCALA  
 COTAS EN CM.



CROQUIS DE  
LOCALIZACION DEL PREDIO

### **CAPITULO 3. OBJETIVO DE LA TESIS.**

El propósito de esta tesis consiste en dar a conocer en forma particular, los procedimientos utilizados en la construcción y reestructuración de la Central Telefónica Lago, así como la identificación de los problemas que se presentan en este tipo de edificios durante su reestructuración.

En el curso del tiempo en que nos hicimos cargo de la residencia de una de las obras de Teléfonos de México, hemos observado los diferentes métodos efectuados en varias de sus obras y la dificultad que representa para el residente tomar decisiones correctas en el momento preciso, razón por la cual es importante la experiencia que se tenga en este tipo de obras, principalmente en lo correspondiente a los procesos constructivos.

En esta tesis explicamos los métodos de construcción que se aplicaron en la reestructuración y la ampliación de la Central Telefónica denominada Lago, así como las dificultades que nos encontramos a lo largo de su ejecución, tomando en cuenta las especificaciones fijadas por Telmex en lo referente a materiales y mano de obra.

A medida que avanzaba la obra nos percatamos de que en algunos casos, había que cambiar ciertos criterios de construcción, con el fin de lograr una mayor eficiencia y una calidad total en los trabajos que se estaban realizando.

La obra debería iniciarse y terminarse en fechas muy precisas y con un presupuesto fijo.

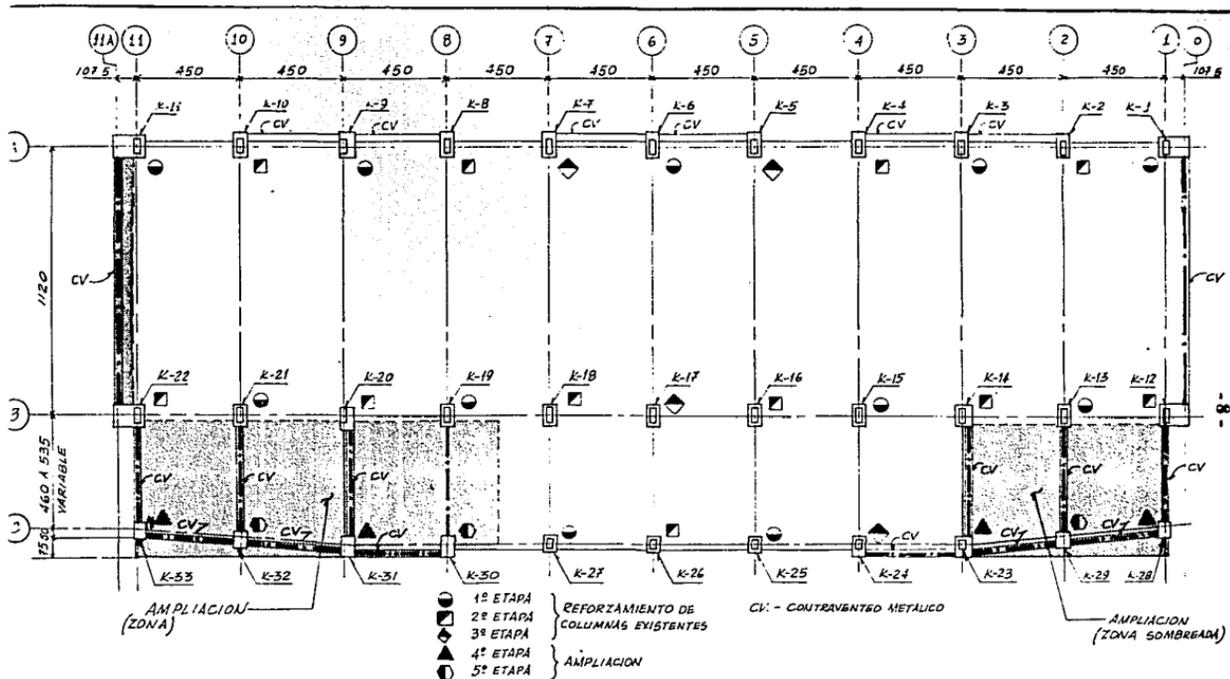
## **CAPITULO 4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA SUBESTRUCTURA.**

El proyecto contempla como recimentación colocar volados al cajón de cimentación de 3.5 m. de ancho sobre el eje A al mismo nivel que el cajón de cimentación existente, y la adición de 30 pilotes de fricción desplantados a 45 m. de profundidad.(ver figura No.1)

### **4.1. El subsuelo en la Ciudad de México.**

Gran parte de la ciudad de México está ubicada sobre el lecho de un lago que hubo en el valle del mismo nombre. Su cuenca permaneció durante milenios sin comunicación hidráulica con las cuencas vecinas por no haber río que permitiera que sus aguas fluyeran fuera de él impedidas por un contorno cerrado por volcanes, montañas y cerros. Fué hasta el siglo XVIII que se abrió artificialmente la primera salida mediante un corte o tajo en uno de sus puertos, posteriormente se han construido dos túneles, con lo cual quedó comunicada con uno de los valles vecinos. La anterior situación generó que todo el material fino acarreado se acumulara en el fondo del lago en capas a las que periódicamente se le intercalaban otras de arenas y piedras pumíticas producto de las expulsiones de diversos volcanes, fundamentalmente del Xitle. Por último, los habitantes de la zona hicieron rellenos para transitar o construir sobre el antiguo lago, todo lo cual generó una estratigrafía muy peculiar como puede verse en los perfiles de las tres zonas que lo caracterizan:

- **La zona alta ó de lomerío.** En ella predominan las morrenas y los suelos rojos y amarillos característicos de los períodos de glaciación, con capas intermedias de arenas azules y pumíticas producto de erupciones volcánicas.
- **La zona de transición.** Denominada así cuando la profundidad del suelo del lomerío no esta a más de 20 m., predominan las tobas, los limos y las arenas arcillosas generalmente producto de acarreoos.



**ETAPAS CONSTRUCTIVAS PARA EL REFUERZO DE LA CENTRAL EXISTENTE**

FIG. N° 1

- **La zona de lacústre.** Donde en su mayoría son arcillas con alto contenido de agua y lentes intermedios de arenas compactas.

La arcilla saturada de la zona lacústre es un material del cual vulgarmente se dice es "jabonoso" por sus características plásticas, con la peculiaridad de que durante los temblores de tierra propaga fácilmente sus efectos, multiplicándolos incluso si el período de oscilación de éste coincide con su modo natural de vibrar que es aproximadamente de 2 seg. Lo anterior ha originado que el R.C.D.F. provoque, mediante la aplicación de coeficientes sísmicos según el tipo de estructura y de suelo en que asientan edificios más reforzados en la zona III ó lacústre que en las otras zonas.

## **4.2. Descripción del suelo soportante.**

De acuerdo a la zonificación del Valle de México, el subsuelo del predio se localiza en la zona de Lago Virgen, caracterizado por su baja resistencia al esfuerzo cortante y su alta compresibilidad. El nivel de aguas freáticas se detectó a una profundidad de -2.10 m. medidos con respecto al nivel del piso actual. De acuerdo a los sondeos realizados por el método del cono, la primera capa dura se detecta a una profundidad de 36 m. con limos arenosos de baja plasticidad y compacidad alta.

Conforme a los datos registrados por la comisión de aguas del Valle de México el hundimiento regional en el periodo de 1977 a 1982 fué de 100 cm., es decir 20cm./año. (Se anexa figura No.2)

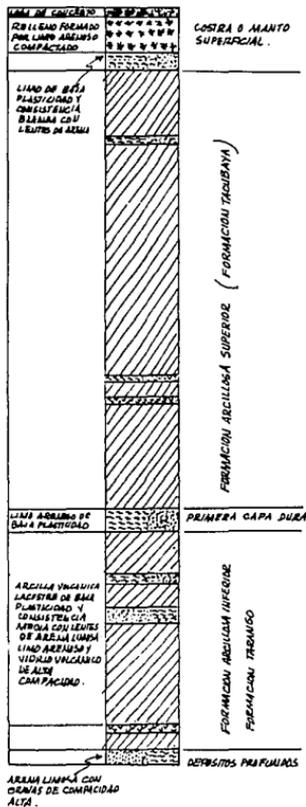
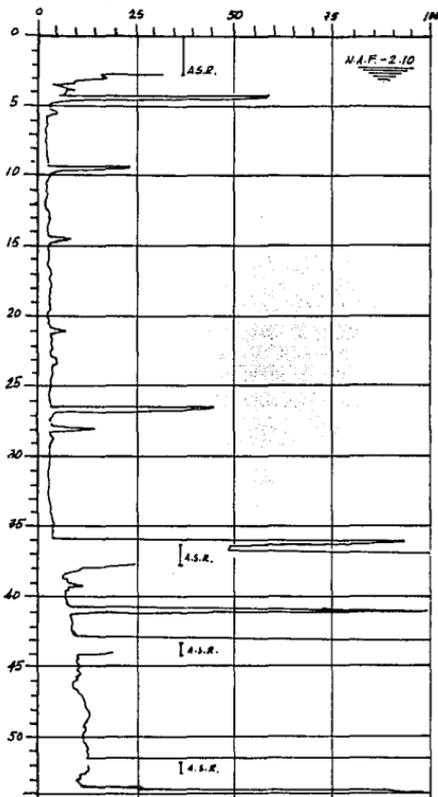
## **4.3. Cimentación.**

### **4.3.1. Análisis de la cimentación existente.**

La Central Telefónica Lago está constituida de fosa de cables, planta baja y cuatro niveles. Su cimentación actual consiste en un cajón desplantado a 5.0 m. de profundidad, con la finalidad de

RESISTENCIA DE PUNTA OC (kg/cm<sup>2</sup>)

- SONDEO DE CONO -



- SIMBOLOGIA -



A.S.R. AVANCE SIN RECUPERACION

FIG. N<sup>o</sup> 2

compensar parcialmente el peso del edificio, complementado con 56 pilotes de fricción de sección circular, asentados a 45 m. de profundidad y una capacidad de carga de cada pilote de 197 tons.

Dicho cajón cuenta con diez celdas de 11.20 m. por 4.50 m. entre los ejes A y B, y 4 celdas de 5.35 m. por 4.50 m. entre los ejes B y C del nivel -2.30 m. a -5.40m. Debido a que existe una interconexión entre celdas y de dos cárcamos de bombeo localizados en el eje B en los tramos 2-3 y 7-8, los cuales no operaban adecuadamente, las celdas se encontraron llenas en su totalidad de agua, ocasionando que la cimentación no operara en realidad para lo que fué diseñada. (Ver figura No.3)

#### **4.3.2. Proceso de reestructuración.**

El reforzamiento de la cimentación consistió en el aumento de sección de las contratrabes principales y secundarias existentes, de los ejes A y B entre los ejes 1 al 11, y entre los ejes B y C de los ejes 3 al 7, realizándose de la siguiente manera:

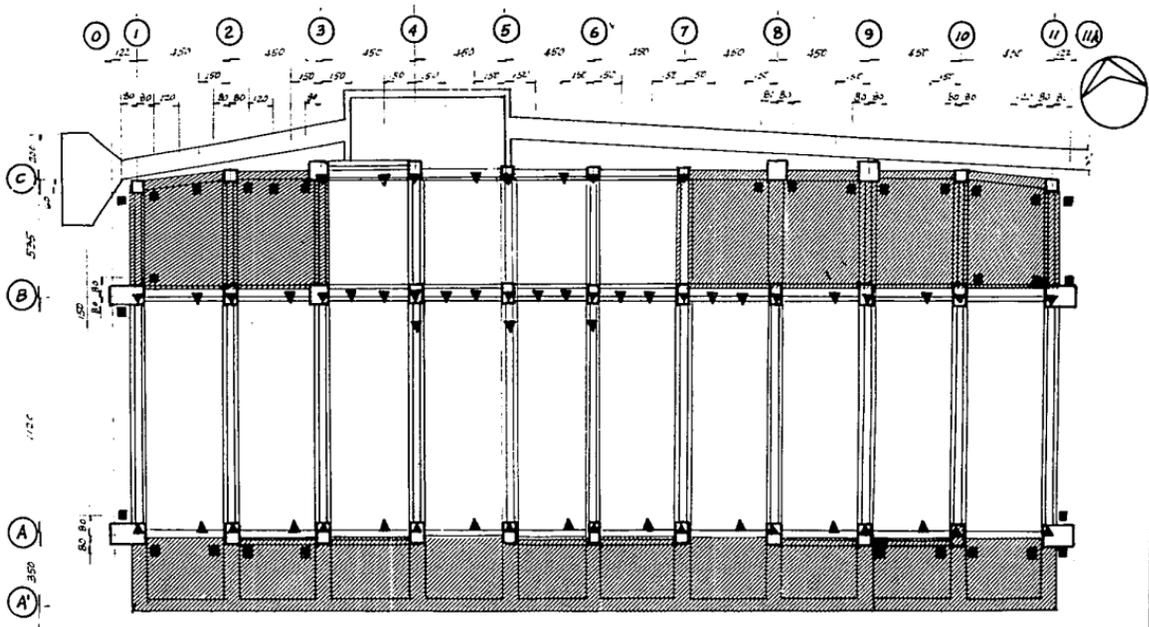
##### **- Contratrabes.**

Los trabajos en las contratrabes, tienen como punto de partida para su reforzamiento, el escarificado de estas a una profundidad de 8 mm., para que posteriormente se pudiera armar con el acero longitudinal.

En la colocación del acero transversal, se tuvieron que efectuar barrenos a cada 30 cm., tanto en el lecho superior como en el inferior de la contratrase existente. Dicho acero fué colocado en dos partes, por la dificultad de poder meter el estribo completo y con la finalidad de sujetar las varillas esquineras longitudinales con este. (Se anexa figura No.4)

Para el paso del acero de refuerzo hacia el interior de las celdas, se hizo necesario demoler un área aproximada a 2 m<sup>2</sup> de la losa tapa de cimentación, así como la abertura de pequeñas cajas en ésta para el vaciado y vibrado del concreto de las contratrabes.

Para darle continuidad al acero de refuerzo longitudinal, hubo que abrir ventanas sobre la



**-RECIMENTACION-**

- ▲ 36 PILOTES EXISTENTES SECCION CIRCULAR
- 30 PILOTES ADICIONALES SECCION CUADRADA DE 40X40 CM. POR LADO.
- ACOMETIDA TELEFONICA.

SIN ESCALA  
COTAR EN CENTIMETROS

FIG. N° 3

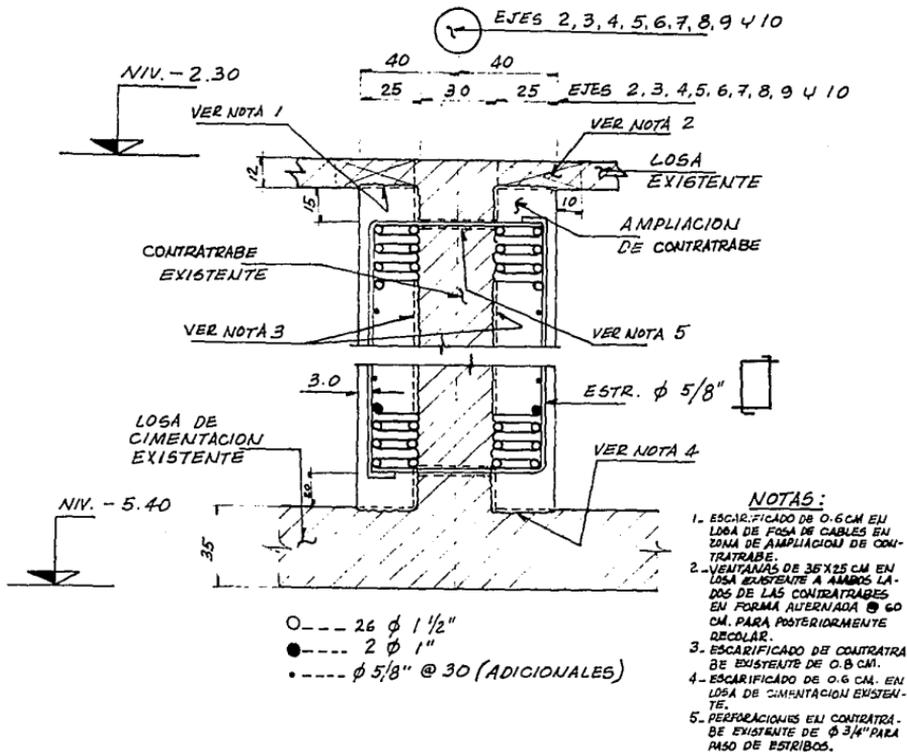


FIG. Nº 4

contratrabe ortogonal a la reforzada en su parte superior e inferior, para que finalmente quedara traslapado el acero por medio de bulbos de soldadura.

Dichas ventanas permanecieron dos días como máximo abiertas, posteriormente se colaron con aditivo estabilizador de volumen.

Una vez armado el acero longitudinal y transversal, se procedió al colado de 3/5 partes de la contratrabe, con la finalidad de facilitar el armado en las intersecciones de las principales con las secundarias. Por otro lado no se colaron las quintas partes en los extremos, por que es la zona en donde el momento flexionante es teóricamente nulo.

El colado se llevó a efecto con un concreto  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , adicionando aditivo fluidificante y aditivo festerbond para adherir el concreto anterior con el nuevo.

Posterior al colado, se incorporaron por medio de soldadura las varillas de la losa tapa que fueron cortadas para la introducción de cimbra y acero, y de ésta forma se llevó a efecto el colado de la parte de losa demolida.

Por último se descimbró y aplicó curacreto, con la finalidad de curar dicha losa.

Para el eje C tramos 3-4 y 4-5, se dejó una modificación en el muro de contención (arriba del nivel -2.3 m.), debido a la acometida de cables provenientes del pozo de cables.

#### **4.3.3. Proceso en la ampliación de la cimentación.**

El proyecto original contemplaba como recimentación colocar volados al cajón de cimentación de 2.0 m. de ancho en los ejes A y C al mismo nivel que el cajón existente. Pero debido a la existencia de un pozo de acometida y una trinchera de cables paralela al eje C, impidió la construcción de la ampliación y los trabajos de recimentación.

Por lo anterior fué necesario buscar otra alternativa de recimentación que librara la citada interferencia. Esta solución fué estudiada por los suscritos y conciliada con el departamento de análisis geotécnico.

Para el análisis de la nueva alternativa de recimentación se consideraron los resultados obtenidos de la exploración y del laboratorio.

La solución de cimentación analizada consiste en prolongar el cajón de cimentación 3.5 m. sobre el eje A con el fin de reducir el esfuerzo transmitido al suelo, y adicionar 30 pilotes de fricción de sección cuadrada de 40 cm. de lado, desplantados a 45 m. de profundidad.

La adición de los 30 pilotes obedece al proyecto de ampliación y en algunas zonas a las concentraciones de carga generadas por los contraventeos.

La Central Telefónica fué objeto de una ampliación horizontal y de una reestructuración a base de reforzamiento en columnas y contratrabes, así como la colocación de contraventeos metálicos.

El cajón de la ampliación y los volados se diseñaron estructuralmente bajo carga vertical para soportar una presión de contacto de 7.35 ton/m<sup>2</sup>, correspondiente al valor de la compensación.

Con el fin de controlar los movimientos más significativos generados por los trabajos de excavación, bombeo e hincado de pilotes, se instaló previamente un sistema de instrumentación, así como una nivelación de la estructura, la cuál sirvió de ayuda para detectar algún movimiento que pudiera generarse por los trabajos de reestructuración. Dichas nivelaciones se realizaron cada semana durante el tiempo que duró la ejecución de la obra.

Antes de iniciar la excavación fué necesario instalar un sistema de bombeo profundo, el cual permitió realizar los trabajos en seco. Los pozos fueron colocados a una profundidad de -11.40 m., y las excavaciones se llevaron acabo mediante taludes con una relación 1:1 hasta una altura de 5.0 m.

Mediante la instalación de un número conveniente de pozos con filtro tubular en torno de la excavación, fué posible descender el nivel de agua subterránea (como recordamos, el nivel freático se encontró a -2.10 m., medidos del nivel de desplante).

Con la utilización de pozos con tubo filtrante y bomba aspirante, se pudo lograr en general un descenso de 3.5 m. en el nivel del agua.

Para establecer un pozo de esta clase hay que efectuar los siguientes trabajos:

Se practica una perforación con un tubo que ha de servir de revestimiento o de envolvente, luego se introduce el tubo filtrante, se atomilla en su parte superior una alargadera de tubo de longitud suficiente ara que sobresalga del terreno, se rellena con gravilla el hueco entre el tubo envolvente y el tubo filtrante.

El sistema de pozos se efectuó escalonado. Cada escalón constó de varios pozos con filtro tubular y bomba aspiradora, entonces, es cuando se procedió a excavar con grúa y almeja hasta 50 cm. antes de alcanzar el fondo, posteriormente se continuó con herramienta manual hasta alcanzar el nivel de proyecto (niv. -5.40 m.).

Una vez alcanzado el nivel de desplante, nivelado y afinado, se procedió a colar una plantilla de concreto con un  $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$  y 5.0 cm. de espesor.

#### **- Datos.**

Sobre los ejes A y C, el proyecto estipulaba la fabricación de 12 dados en el eje A y de 12 dados sobre el eje C de concreto reforzado de 0.70 m. de peralte, 1.20 m. de largo y 0.80 m. de ancho.

Se fabricaron 2 dados sobre cada uno de los siguientes ejes: 1, 2, 3, 9, 10 y 11 entre el tramo B-C.

La función del dado es recibir y sujetar a los pilotes.

Para la fabricación de los dados, el procedimiento constructivo fué el siguiente:

- 1) Se realizó la escarificación de las contratraves en toda el área de contacto entre dado y contratrabe, hasta una profundidad de 8 mm.
- 2) Se demolieron en su totalidad dados existentes sobre el eje A, así como el área de contacto entre dado y losa de cimentación.
- 3) Las perforaciones hechas en losa de cimentación para el paso del acero de refuerzo del dado nuevo sobre el eje A, fueron hechas con herramienta mecánica.
- 4) Posteriormente se colocó el armado de acero de refuerzo adicional de la contratrabe del eje A con el acero de refuerzo de los dados (preparaciones). Según planos el armado del dado debe estar anclado dentro de la contratrabe.
- 5) Finalmente se realizó el colado del dado, contratrabe y losa de cimentación.

#### **- Losa de cimentación.**

El nuevo armado de la losa de cimentación sobre el eje A consistió en un emparrillado con varillas de 5/8" a cada 20 cm. en un sentido, y a cada 25 cm. en el otro sentido, con un peralte de 35 cm.

Dentro de la losa de cimentación existente se dejaron ancladas varillas de 5/8" y varillas de 1" (estas últimas con una longitud aproximada a 1.25 m.), con una longitud de anclaje sobre la losa de 50cm., medidos del paño interior de la contratrabe. Para el paso de dichas anclas, se tuvo que demoler una franja de 50 cm. de ancho sobre la losa de cimentación existente a lo largo del eje A , teniendo cuidado en no dañar el acero, y haciendo barrenos de 3/4" en la contratrabe se pudo pasar el acero de refuerzo. (Ver figuras No.5 y 6)

La forma de unirse la losa de cimentación nueva a la contratrabe nueva, se efectuó con varillas de 5/8" en forma de "U" a cada 30 cm., sujetadas a dos varillas longitudinales de 1", ubicadas en el lecho inferior de la losa, con el acero longitudinal de la contratrabe (se anexa figura).

El colado se realizó cuando se tenía listo el armado de las contratrabes.

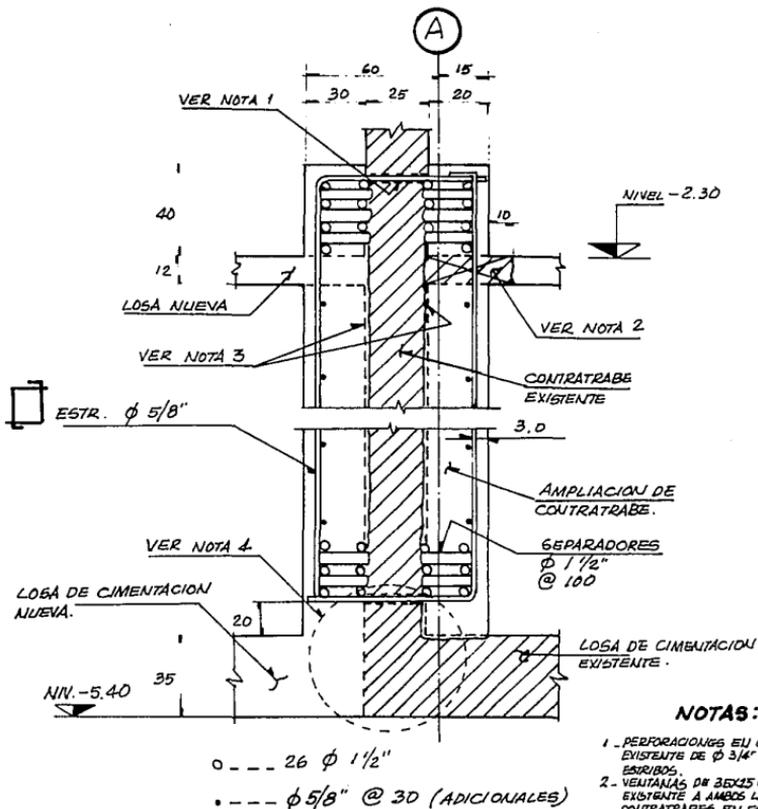
#### - Contratrabes.

El armado de la contratrabe nueva, se efectuó en primera instancia con la abertura de cajas sobre las columnas, procurando que no se abrieran en más de tres columnas, ni permanecieran abiertas más de dos días. Estas cajas sirvieron para el paso del acero longitudinal de las contratrabes reforzadas a las nuevas, quedando unido por medio de bulbos de soldadura. Por indicaciones de proyecto, se estipuló que las ventanas abiertas sobre columnas y trabes debieran cimbrarse con un ángulo aproximado de 45 grados para evitar oquedades en el concreto. El recolado se efectuó mojado por lo menos dos horas antes, y adicionando aditivo estabilizador de volumen que no contenga fierro y un aditivo de liga entre el concreto viejo y el nuevo.

El armado longitudinal de las contratrabes de los ejes 2 al 10 entre A-A' consistió en 26 varillas del # 12 distribuidas en dos lechos, y 10 varillas del # 8 colocadas en el lecho superior 4, y en el lecho inferior las restantes, además se usaron como separadores varillas del # 12 a cada metro. Adicionalmente a este armado se colocaron dos series de estribos del # 5 a cada 20 cm., con la sujeción de grapas a cada 30 cm. al armado de las losas tapa y de cimentación, y la colocación de varillas por temperatura del # 5 a cada 30 cm. (Se anexa figura No.8).

De la misma forma que en el proceso de armado antes mencionado, en la contratrabe del eje C, se colocó con el mismo número de varillas que las del eje A, con la diferencia de que solo existen 6 varillas de 1" (Como se ve en la figura No.7).

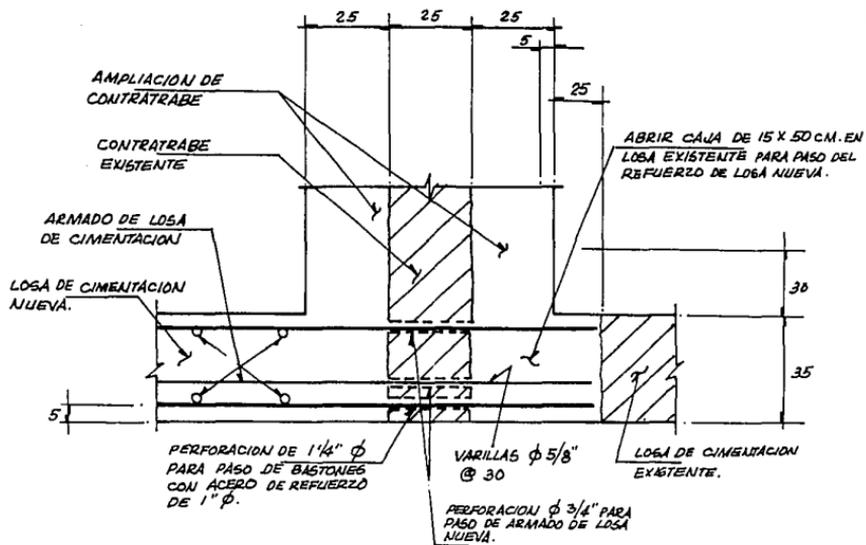
Al igual que el proceso de recolado de las ventanas, se humedeció dos horas antes el área de contacto entre la contratrabe nueva y la losa tapa.



**NOTAS:**

1. PERFORACIONES EN CONTRATRABE EXISTENTE DE Ø 3/4" PARA PASOS DE ESCRIBO.
2. VENTANAS DE 25X25 CM. EN LOSA EXISTENTE A AMBOS LADOS DE LOS CONTRATRABES EN FORMA ALTERNADA @ 60CM. PARA POSTERIORMENTE REEDIFICAR.
3. ESPECIFICADO DE CONTRATRABE EXISTENTE DE 0.8 CM.
4. VER DETALLE DE ANCLAJE DE LOSA NUEVA A LOSA EXISTENTE EN CROQUIS ANEXO.

Fig. N° 5



**DETALLE**  
ANCLAJE DE LOSA NUEVA A LOSA  
EXISTENTE DE NIVEL - 5.40

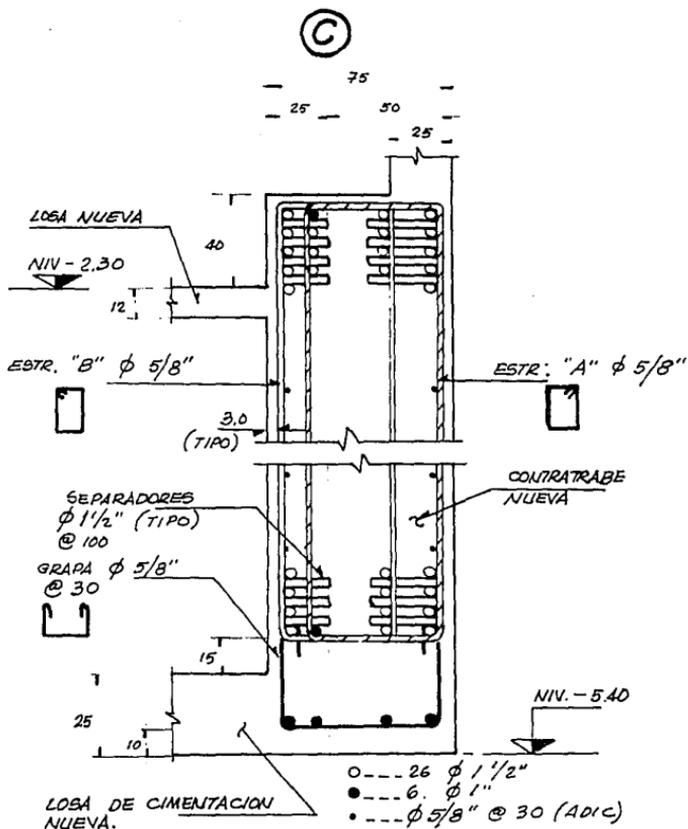


FIG. N<sup>o</sup> 7

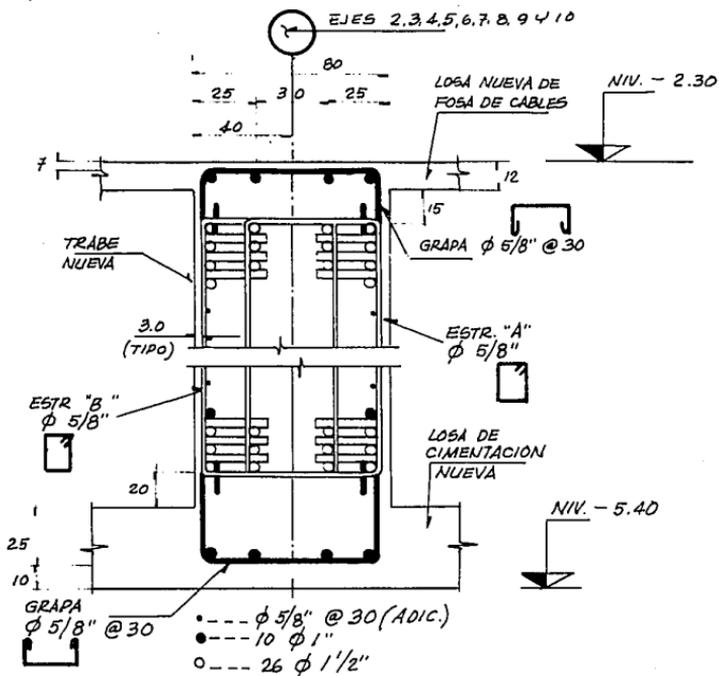


FIG. N<sup>o</sup> 8

#### **4.4. Cimentación profunda.**

Debido a la capacidad de carga superficial del suelo, no fué suficiente para soportar las cargas que se necesitó depositar sobre él, aunque se haya auxiliado con el cajón de cimentación, por lo tanto se requirió tener un buen apoyo de anclaje estructurado a base de pilotes.

##### **4.4.1. Aspectos generales sobre pilotes.**

Los objetivos de los pilotes son:

- Transmitir la carga de una estructura colocada sobre un suelo con insuficiente capacidad de carga a un estrato profundo bajo él, y que tenga la resistencia para soportarlas, con lo que su trabajo se les conoce como pilotes de punta.
- Repartir mediante adherencia entre los pilotes y los estratos de material cohesivo que integran el subsuelo, la carga que a su vez le transmite el edificio, a éstos se les denomina pilotes de fricción.
- Compactar los suelos granulares que lo requieran.
- Proporcionar anclaje a elementos estructurales.
- Alcanzar profundidades no sujetas a erosión.
- Proteger estructuras en ríos, lagos y mar.

I. Pilote de fricción. Se denomina pilote de fricción al elemento que está totalmente ahogado en material blando, de modo que su resistencia proviene total o casi totalmente (80% por lo menos) de la adherencia que se desarrolla en la superficie lateral del fuste, en caso de suelos cohesivos, o de fricción entre suelo y pilote, en el caso de suelos friccionantes.

Sin ser una regla general, se recomienda que la longitud de los pilotes de fricción sea el 87% del estrato blando ó compresible, de manera que entre la punta del pilote y la capa dura exista un colchón del orden del 13% como mínimo respecto a la profundidad a que se encuentre la capa dura.

**II. Pilote de punta.** Son pilotes de punta los que transmiten las cargas verticales, apoyándose directamente sobre la capa dura.

El dimensionamiento del pilote depende de su capacidad para tomar cargas verticales y laterales, así como de la resistencia del estrato firme que le servirá de apoyo.

Cuando los pilotes se distribuyen uniformemente en el área construida, es preciso diseñar las contratraves, y aún la losa, si el número de pilotes es alto, para que transmitan en forma adecuada la carga.

#### **4.4.2. Hincado de los pilotes.**

La solución de proyecto se basa en prolongar el cajón de cimentación 3.5 m. sobre el eje A con el fin de reducir el esfuerzo transmitido al suelo y adicionar 30 pilotes de fricción de sección cuadrada de 40 cm. de lado, desplantados a 45 m. de profundidad.

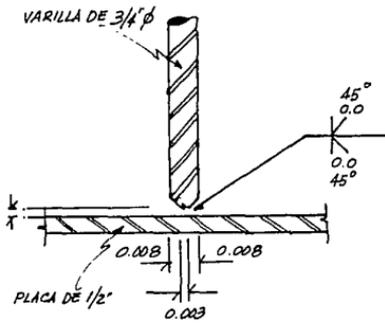
La adición de los 30 pilotes obedece al proyecto de ampliación y en algunas zonas a las concentraciones de carga generadas por los contraventeos.

Los pilotes fueron de concreto precolado de un  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  y una capacidad de carga  $C_f = 210 \text{ ton/pilote}$ , de sección cuadrada (40 X 40 cm.), formados cada uno por dos tramos de 1.45 m. de longitud y armados en el sentido longitudinal con ocho varillas del #8 y en sentido transversal con dos series de estribos del #3 a cada 10 cm.; dos tramos de 2.50 m. armados en sentido longitudinal con ocho varillas del #8 y en el sentido transversal con 2 series de estribos del #3 a cada 15 cm. en el tramo inferior y a cada 10 cm. en el superior, y 13 tramos de 2.50 m. armados en su sentido longitudinal con cuatro varillas del #8 y en el sentido transversal con un estribo del #3 a cada 15 cm. A dichos tramos se les anexó en sus extremos placa de 19 mm. de espesor, uniéndose la terminación de un tramo con la de inicio del siguiente mediante soldadura eléctrica de filete a 45 grados en todo el perímetro de las placa durante el hincado (Ver figura No.9).

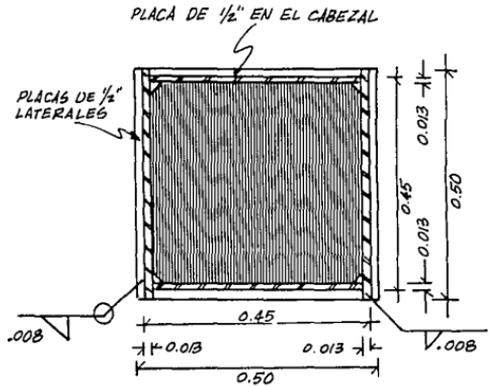
Previo al hincado, se instalaron piezómetros a diferentes elevaciones, con objeto de conocer la distribución inicial de presiones hidrostáticas y las que se generaban durante el hincado.

# PILOTES DE FRICCION

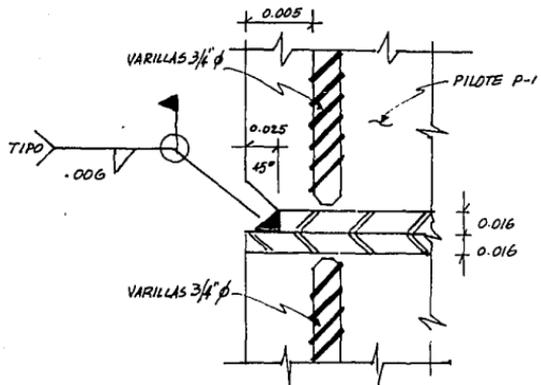
P-1



DETALLE 5



CORTE 3-3



DETALLE 4

De acuerdo a las pruebas de clasificación y el perfil estratigráfico del sondeo de cono, se encontró la primera capa dura a 36 m. de profundidad. Para dar mayor seguridad a la estructura, se propuso llevar las puntas de los pilotes a una profundidad de 45 m.

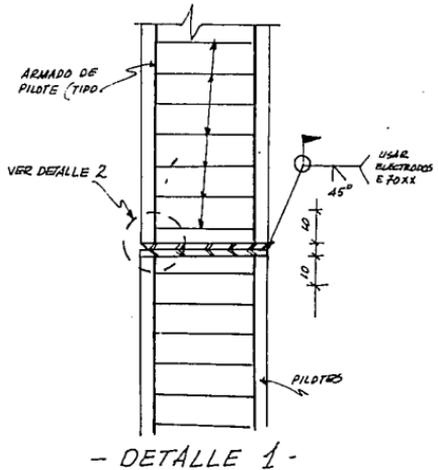
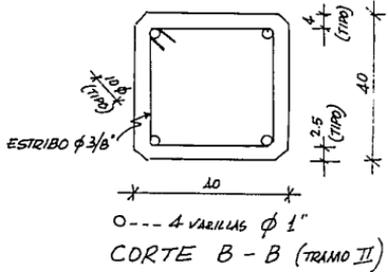
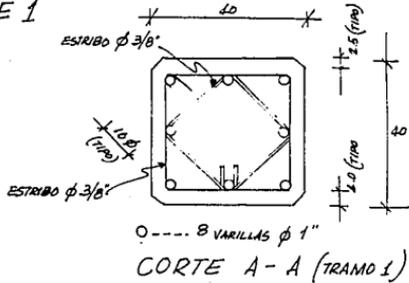
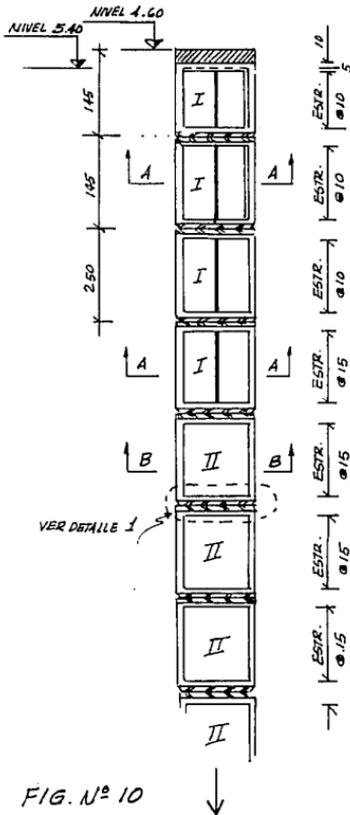
Para conocer los movimientos superficiales en puntos próximos a los pilotes, particularmente al hincarlos, se colocaron 8 bancos de nivel superficial.

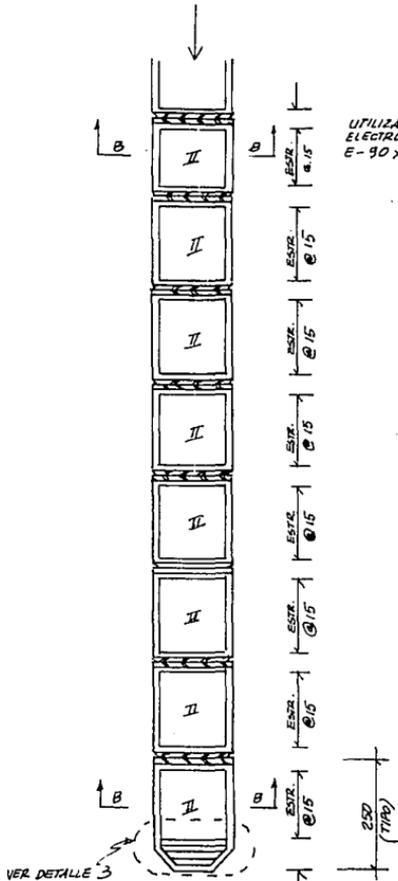
El hincado se efectuó con ayuda de un martillo de percusión D22-13. El martillo de una tonelada de peso, se dejó caer desde una altura constante e igual a 0.55 m.

Se procuró que entre la perforación y el hincado de cada pilote no debiera transcurrir más de 2 días.

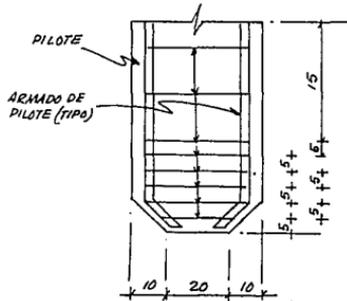
Finalmente el pilote se dejó 60 cm. arriba del nivel -5.40 m., con el fin de unirlo a la estructura existente por medio del dado. Para ello se procedió en primera instancia a descabezar el pilote (o sea, demoler la cabeza del pilote 40 cm.), hasta descubrir el armado del mismo sin dañarlo, y de esta forma poderlo unir al armado del dado, para que posteriormente fueran colados monolíticamente con la contratrase nueva y la losa de cimentación de la zona ampliada (Véase figura No.10).

DETALLES PARA PILOTOS DE EJE 1  
(ENTRE EJES A4B)

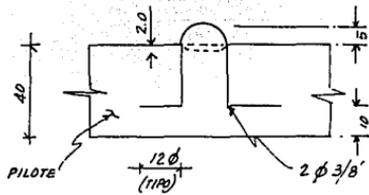
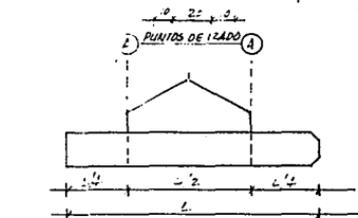




DETALLE-2



- DETALLE-3 -



DETALLE TIPO DE ANCLAJE EN PUNTO DE IZADO

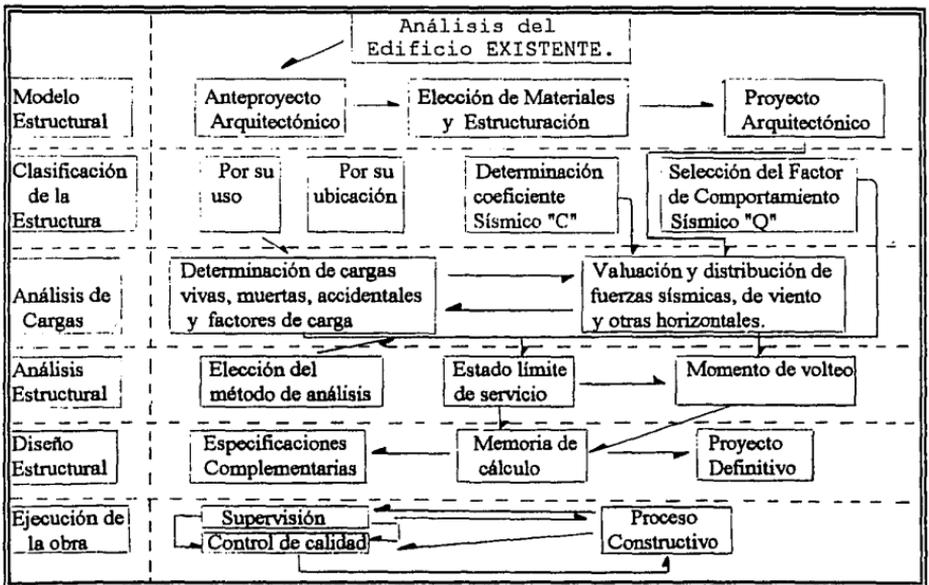
PUNTO DE IZADO PARA TRAMOS DE PILOTE

## CAPITULO 5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA SUPERESTRUCTURA.

En este capítulo se menciona la secuencia seguida en la construcción de la superestructura de la Central Telefónica, desde el proyecto arquitectónico hasta su construcción y el método empleado para su rigidización, así como la problemática que presenta éste tipo de obra en su reestructuración.

### 5.1. Proceso para la realización de la Central Telefónica Lago.

A continuación se dan los pasos a seguir esquemáticamente en forma de diagrama de bloques, que se hicieron para concebir la reestructuración y construcción del edificio de la Central Telefónica Lago.



En base al diagrama anterior, se describen enseguida los bloques:

- Análisis de la Estructura existente.

Se trata de un edificio que aloja equipo telefónico y de clima, proyectado para cuatro niveles, el cual está constituido de fosa de cables y planta baja, estructurado a base de columnas y traveses de concreto reforzado que forman marcos ortogonales entre sí, recibiendo vigas secundarias; el sistema de piso es una losa maciza que se apoya en los marcos y en las vigas secundarias. Su cimentación actual consiste en un cajón de compensación desplantado a cinco metros de profundidad, complementado con 56 pilotes de fricción de sección circular, desplantado a 45 mts. de profundidad.

- Elección de materiales y estructuración.

Los materiales empleados en la superestructura y su cimentación fueron:

Concreto existente	$f_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$
Concreto nuevo	$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (existente y nuevo)	$f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ (Alta resist)

La ampliación consiste en construir las zonas comprendidas entre los ejes B-C y 1-3, ejes B-C y 7A-11 así como entre los ejes A-B y 11-11A. Se anexa una planta y un corte esquemáticos de la Central.

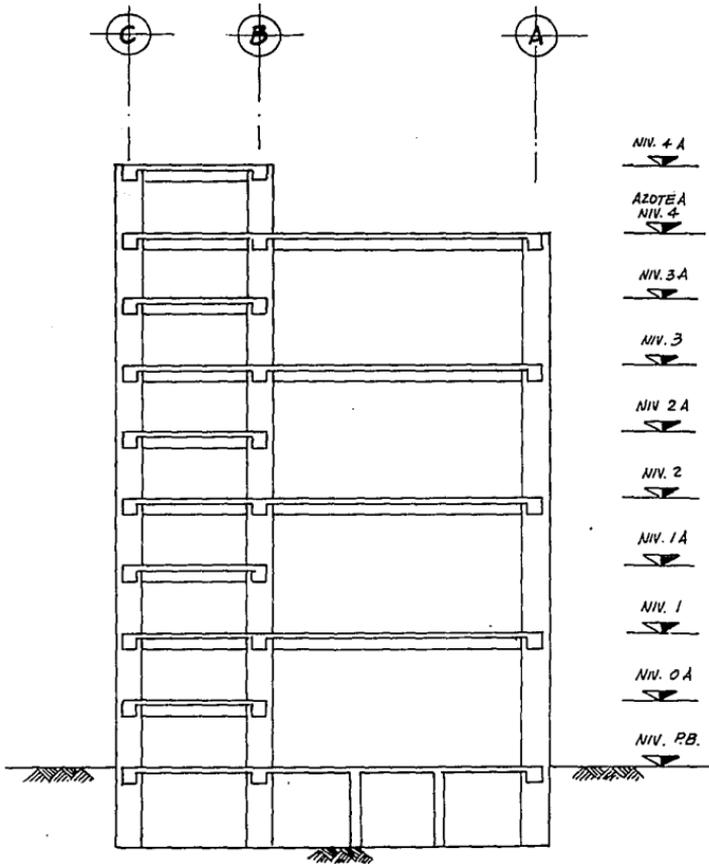
- Por su uso.

Se trata de un edificio tipo Industrial denominado Central tipo C-10/4X10 derecha que aloja equipo telefónico, de cómputo y clima, proyectado para cuatro niveles. (Ver corte esquemático).

- Por su ubicación.

De acuerdo a la zonificación del Valle de México, el subsuelo del predio se localiza en la zona de Lago Virgen (Zona III Terreno de Lago), caracterizado por su baja resistencia al esfuerzo cortante y su alta compresibilidad.

Conforme a los datos registrados por la Comisión de Aguas del Valle de México el hundimiento regional en el periodo de 1977 a 1982 fué de 100 cm., es decir 20 cm/año.



CORTE ESQUEMATICO

SIN ESCALA

- Determinación del Coeficiente Sísmico "C.S."

El efecto del sismo sobre la estructura se consideró de acuerdo a lo señalado en el nuevo reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (R.C.D.F.), determinándose un coeficiente sísmico para un factor de importancia igual a 1.5;  $C.S. = 0.40 \times 1.5 = 0.60$

- Selección del Factor de Comportamiento Sísmico "Q"

De igual manera se obtuvo un **factor de comportamiento sísmico**  $Q = 2.0$  y por ser una estructura no regular se utiliza un factor de corrección  $Q' = 0.8Q = 0.8 \times 2.0 = 1.6$

- Determinación de cargas vivas, muertas, accidentales y factores de carga.

Los factores de carga y reducción de resistencia para elementos de concreto son los siguientes:

Cargas gravitacionales (Carga muerta más Carga Viva).	F.C. = 1.5
Cargas gravitacionales + Sismo	F.C. = 1.1
Flexión	F.R. = 0.9
Cortante	F.R. = 0.8
Flexocompresión	F.R. = 0.7

Cargas vivas. Se consideraron de acuerdo con las especificaciones de TELMEX y las del reglamento de Construcción para el Distrito Federal.

Zona ó destino	Intensidad Máxima (C. Gravitacionales)	Intensidad Instantánea (sismo)
Sala automática	650 Kg/m <sup>2</sup>	520 Kg/m <sup>2</sup>
Clima	400 Kg/m <sup>2</sup>	320 Kg/m <sup>2</sup>
Azotea	100 Kg/m <sup>2</sup>	70 Kg/m <sup>2</sup>

- Valuación y distribución de fuerzas sísmicas, de viento y otras fuerzas horizontales.

Para obtener las fuerzas sísmicas de diseño que actúan en la estructura se realizó un análisis estático cuyas fuerzas fueron utilizadas para determinar la rigidez de los marcos y también se efectuó un análisis sísmico dinámico, considerando los efectos de las torsiones (naturales y accidentales), revisando que el cortante en la base resulte mayor ó igual que el 80% del cortante estático.

Dichos análisis se hicieron conforme a las Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1987.

- Elección del método de análisis.

Los elementos mecánicos generados por las cargas gravitacionales, así como los debidos a sismos, se obtuvieron con ayuda de programas en computadora para analizar marcos planos.

Los desplazamientos resultantes del análisis de la estructura fueron menores que el máximo permisible, conforme al artículo 209 del nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Los elementos estructurales secundarios se analizaron mediante el método de Cross.

Para obtener los elementos mecánicos, con los cuales se revisaron ó diseñaron las contratabes de cimentación, se realizó un análisis tridimensional de la retícula de cimentación.

- Estado límite de servicio.

En la revisión del estado límite de servicio se consideró una sobrecarga neta de 3.09 ton/m<sup>2</sup>, correspondiente al valor de la descarga total por reestructuración y ampliación, más el peso de los volados adicionales, menos el peso compensado, distribuido en toda el área.

- Momento de volteo.

La contribución del empotramiento del cajón a la reducción del momento de volteo es de 2419 ton-m en dirección transversal y 1078 ton-m en dirección longitudinal. La contribución de la losa de cimentación es de 6.99 ton-m y 6196 ton-m en dirección longitudinal y transversal, respectivamente.

En esta revisión se obtuvo para análisis global un factor de seguridad de 2.95, y para revisión local los factores de seguridad variaron desde 2.92 a 3.80, mismos que son mayores que los admisibles.

- Proyecto definitivo.

El proyecto de reforzamiento tiene por objeto proporcionar a la estructura ampliada más rigidez ante una sollicitación dinámica mayor que la considerada en el diseño original de la Central. Para lograr lo anterior se incrementaron las secciones de columnas, en toda su altura, y se contraventearon algunas crujías de los ejes A y C así como los ejes 1, 2, 3, 9, 10 y 11 entre B y C y los ejes 0 y 11 en su tramo A-B.

- Supervisión.

- Control de calidad.

Los materiales utilizados en la construcción del edificio, estuvieron sujetos a un estricto control de calidad, así como los procedimientos constructivos a una continua supervisión.

- Proceso constructivo.

**5.1.1. Clasificación de una estructura de acuerdo con su destino, ubicación y comportamiento estructural.**

**I.- Clasificación de acuerdo a su destino:**

Las construcciones se clasifican en los grupos A y B de acuerdo a la importancia del uso o destino que vayan a tener y al tipo de terreno sobre el que se han de asentar:

- En el grupo A están aquellas construcciones que: pueden causar la pérdida de un número elevado de personas; ser muy onerosa su reposición, como los locales con equipo costoso; ser insustituible el acervo cultural que se perdería, como los museos o los monumentos; ser un peligro para el vecindario, como las gasolineras; ser esencial su funcionamiento en casos de emergencia, como son los sitios para albergar más de 200 personas (hospitales, hoteles, etc..) y las centrales de comunicaciones, de policía o de bomberos.

- En el grupo B están las construcciones no incluidas en el grupo anterior, y se subdividen en B1 y B2 de acuerdo con su importancia quedando como sigue:

\* Subgrupo B1, se subdivide de acuerdo al tipo de terreno en que se encuentre la construcción:

a) Para las zonas I y II, que son las desplantadas en terreno firme o con el estrato resistente a no más de 20 m de profundidad, ó las que excedan de 30 m de altura ó más de 6,000 m<sup>2</sup> de área construida.

b) Para la zona III, que es el terreno arcillo-limoso con alto contenido de agua y cuyo estrato es de más de 20 m de espesor y las que tienen más de 15 m de altura ó más de 3,000 m<sup>2</sup> de área construida.

\* Subgrupo B2:

Todas las restantes.

En relación al tipo de suelo que existe en la obra en estudio, se clasifica dentro de la zona III del subgrupo B1.

## II.- Clasificación de acuerdo a su ubicación:

Los efectos provocados por cada movimiento sísmico son complejos e igualmente compleja la respuesta que dará la estructura a ellos. Ante la imposibilidad de evaluar con precisión las fuerzas horizontales que un sismo induce a la estructura, el R.C.D.F. proporciona un parámetro que refleja las acciones máximas esperadas en cada zona de la ciudad de México. Este parámetro se denomina coeficiente sísmico "C.S." y permite calcular la fuerza que se aplica a la base "V<sub>o</sub>", quedando:

$$V_o = C * W$$

V<sub>o</sub> = Fuerza cortante basal.

C.S. = Coeficiente sísmico que representa un porcentaje de la gravedad expresado en decimal, de acuerdo a:

- Zona I; C = 0.16

- Zona II; C = 0.32

- Zona III; C = 0.40

- Las estructuras del grupo A se incrementan en 50%.

W = Peso total de la estructura que se encuentra por encima del punto donde no hay restricción al desplante horizontal.

De acuerdo a lo anterior, se consideró a lo señalado en el nuevo reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, un coeficiente sísmico para un factor de importancia igual a 1.5 un C.S. =  $0.40 \times 1.5 = 0.60$ .

### III. - Clasificación de acuerdo a su comportamiento estructural:

Conforme a su comportamiento estructural un edificio se clasifica por las propiedades internas que le permiten disipar la energía del sismo por un proceso de deformación. Para reflejar en el análisis estructural esa capacidad y la que tienen sus elementos para resistir las cargas cíclicas a que les sujetará durante la acción del mismo, se introduce el factor de comportamiento sísmico. En la selección que de él se haga, en cada caso influirán además del sistema estructural empleado, las propiedades de los materiales que lo conforman, como son: la ductibilidad, la resistencia y su capacidad de deformación sin incurrir en una falla frágil.

El factor "Q" que representa el comportamiento sísmico de la estructura, varía entre 1 y 4 de acuerdo a las características de estructuración y resistencia que posea. Su selección se hace en base a la experiencia del ingeniero encargado del diseño estructural y es definitiva en el tamaño de las secciones resultantes, en el peso del edificio y como consecuencia en el tipo de cimentación. La secuencia que se sigue para su empleo es la siguiente:

- Se elige "Q" en función del proyecto arquitectónico y de los materiales seleccionados para su construcción.
- Se verifica que la estructura diseñada cumpla con los requisitos impuestos por el factor "Q" escogido, de no ser así se procede nuevamente.
- Con la "Q" seleccionada se hace un primer análisis y diseño estructural.
- Con el diseño definitivo se elaboran los planos y después se revisan cuidadosamente para asegurarse que estén de acuerdo a lo previsto.

Para seleccionar "Q" se considera que estructuras rígidas, como son las que tienen muros de mampostería ó de concreto con poca o casi nula capacidad de deformación, aceptarán grandes fuerzas sísmicas. Estructuras con marcos dúctiles y alta capacidad de deformación, aceptarán fuerzas sísmicas reducidas, ya que esa ductibilidad incrementa la probabilidad de que un elemento aislado produzca la falla total o parcial del conjunto.

Una obra debe ser más cuidadosamente ejecutada conforme aumenta el valor de "Q" ya que es más elástica y exigirá el fiel comportamiento con lo previsto ante las licitaciones de un sismo, deformándose y redistribuyendo sus esfuerzos de una manera mas uniforme. En estos casos será definitiva su eficiencia al disipar la energía que acumule.

En forma muy general y sólo para dar una idea puede decirse que la selección de "Q" se hace de acuerdo a los siguientes criterios:

- Q = 4: Se usa cuando la resistencia de los entrepisos es suministrada por marcos no contraventeados ó con muros de concreto reforzado que aceptan como mínimo el 50% de las fuerzas sísmicas.
- Q = 3: Para adoptar éste valor de "Q" se requiere que los marcos sean dúctiles pero la estructura tendrá una mayor abundancia de elementos rígidos como son muros de concreto ó mampostería, además de los contravientos que requiera. La resistencia en todos los entrepisos es suministrada por: columnas de acero ó de concreto reforzado y losas planas; marcos rígidos de acero; marcos de concreto reforzado ó por muros del mismo material; combinaciones de marcos de acero con muros de concreto ó marcos de concreto con diagonales de acero; y marcos de concreto ó de acero con diafragmas de madera contrachapada.
- Q = 2: Se usará cuando la resistencia a las fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero ó de concreto reforzado con ó sin contraventeo; por muros ó columnas de concreto reforzado que no cumplan en algún entrepiso lo especificado para Q=4 y Q=3; por muros de mampostería confinados por castillos y dadas, ó por columnas y trabes de concreto reforzado ó de acero; por sistemas de muros formados por duelas de madera horizontales ó verticales combinadas con diagonales de madera maciza; y por último cuando la resistencia es

suministrada por elementos preesforzados.

-  $Q = 1.5$ : Cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entresijos por muros de mampostería de piezas huecas, confinadas ó con refuerzo interior.

-  $Q = 1$ : En estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada al menos parcialmente por elementos ó materiales diferentes al acero, al concreto reforzado, a las mamposterías especificadas y aceptadas, y a la madera.

Cuando en una construcción exista más de un sistema estructural de tal forma que cada uno de ellos esté aplicado en diferente nivel, deberá diseñarse con el valor de "Q" más bajo.

### 5.1.2. Selección de materiales.

Antes de efectuar un proyecto arquitectónico será el seleccionar los materiales a usar, de los cuales los principales son: El acero, el concreto reforzado o presforzado, la mampostería y la madera. El R.C.D.F. no excluye otro tipo de materiales siempre y cuando se incorporen otro tipo de estudios, especificaciones y pruebas que lo soporten adecuadamente.

Los materiales empleados en la obra, se analizarán a manera de introducción dándose una breve descripción de los mismos:

- El concreto empleado para fines estructurales fué de clase I, de resistencia  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ . y revenimiento 12 cm. Este tipo de concreto se obliga para estructuras A y B1.

- Para las estructuras metálicas el R.C.D.F. no especifica el acero a usar pero define con precisión sus características, las cuales cumplen el tipo ASTM-A-36, de resistencia  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . La estructura es de tipo I de marcos rígidos.

- La madera como material empleado para fines estructurales alcanzó una densidad relativa promedio superior a 0.35, prefiriéndose las maderas que tienen las siguientes características:

- a) Alta ductibilidad: capacidad de deformarse sin fallar.
- b) Alta relación resistencia-peso.
- c) Homogeneidad adecuada.

- d) Ortorrópico: comportamiento similar en varias direcciones ó por lo menos sin grandes diferencias.
- e) Facilidad de aceptar conexiones de alta resistencia.

### **5.1.3. Relaciones geométricas convenientes.**

Para que el edificio fuese capaz de resolver adecuadamente las necesidades para lo que fue creado, se tuvo que tomar en cuenta que tuviese un comportamiento estable y resistente ante agentes internos y externos que lo pudieran dañar, y que además, económicamente hablando, fuese competitivo en comparación con otros diseños, aún y cuando en la realidad el procedimiento constructivo se encareció debido a la lentitud por las múltiples complicaciones constructivas.

Gracias a la forma en que está construido, a los materiales y a las instalaciones seleccionadas, se pronostica un mantenimiento operativo con baja erogación.

Como la parte más importante de la Central Telefónica es la estructura, es la encargada del buen comportamiento del edificio ante cargas muertas, vivas y accidentales. Para lograrlo se requiere tener un análisis y un diseño satisfactorio, el que se facilita al elaborar el proyecto arquitectónico respetando algunos principios de forma, como son: El procurar la simetría de sus plantas, el tener columnas o muros que formen una retícula ortogonal y con separaciones entre sí, acordes con el trabajo óptimo de los materiales seleccionados y con las secciones permitidas para los elementos que la conformaron, además el inmueble tiene una altura proporcional a su área de desplante y a la profundidad de su cimentación.

### **5.1.4. Identificación de interferencias.**

Del estudio del proyecto se desprendió la identificación de interferencias para ejecutar las actividades de obra, que fue un aspecto sumamente importante, pues la reestructuración de la Central Telefónica es un inmueble viviente, esto es que los equipos telefónicos, plantas de fuerza, plantas de clima y aire acondicionado, están funcionando y que se tiene la presencia de los operarios y personal de

mantenimiento de los mismos, y tener en operación las oficinas de la zona comercial (pagaduría), y el ingreso programado de equipos telefónicos.

La identificación de interferencias es mucho mejor y mucho más práctica cuando se realiza por niveles, utilizándose croquis y listados de ubicación y descripción de la interferencia, así como la gerencia que directamente tuvo que ser enterada.

Existieron infinidad de interferencias, algunas tan complicadas de liberar como el caso de las columnas A-8 y B-9 las que se modificaron del proyecto original (como se observa en las figuras Nos. 11 y 12); otras simples y sencillas que la contratista que ejecutó la obra se encargó de liberarlas.

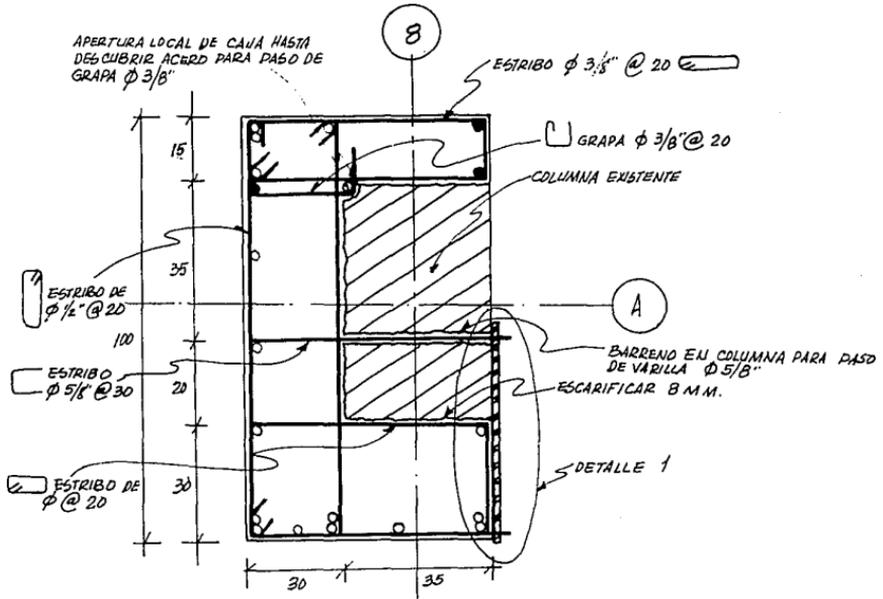
La coordinación de las gerencias implicadas dentro de la Central, se dá por la supervisión que en conjunto identifican las interferencias, a la vez que realizan juntas de trabajo que tienen la finalidad de que cada gerencia identifique que le corresponde liberar y bajo que términos lo realiza ó sí con una protección adecuada se puede lograr la ejecución de las actividades sin poner en peligro la integridad física de equipos y personal.

Las gerencias observan los problemas, y cuales son las condiciones y tipos de trabajo a ejecutar, pues según la importancia del equipo y la dificultad de liberarlo a tiempo, es prioridad para no afectar el programa de obra.

El mecanismo que se dió fué mediante un recorrido, que permitió observar directamente la ubicación, características, necesidades de la obra y posibles soluciones.

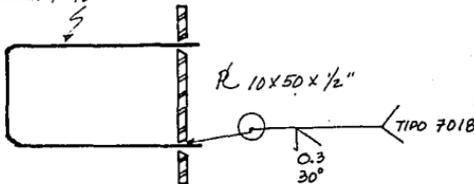
En general todos los equipos, escaleras, charolas de cables, ductos de aire, bancos de baterías, tanques de diesel, base de radiador, etc; fueron movidas por empresas especialistas de Telmex, no así las interferencias menores que se encargó de liberarlas la Constructora de la obra, ya sea en forma programada ó simplemente por el propio procedimiento constructivo, quedando en él entendido, que fue responsable de su adecuada ejecución, almacenamiento y restitución final de los trabajos.

CON LA FINALIDAD DE EVITAR EL APUNTALAMIENTO A TODA LA ALTURA PARA LA COLUMNA A-B DURANTE EL PROCESO DE REFORZAMIENTO, SE PROPUSO LA SIGUIENTE ALTERNATIVA DE SOLUCION.



VARILLA  $\phi 5/8"$

• -3 VARILLAS  $\phi 3/4"$  @ 20 CM. ESPACIOS



-DETALLE 1-

FIG. Nº 11

POR FACILIDAD CONSTRUCTIVA Y CON LA FINALIDAD DE EVITAR EL APUNTALAMIENTO PARA EL REFORZAMIENTO DE LA COLUMNA N-20 SE PROPUSO LA SIGUIENTE ALTERNATIVA DE REFORZAMIENTO PARA DICHA COLUMNA.

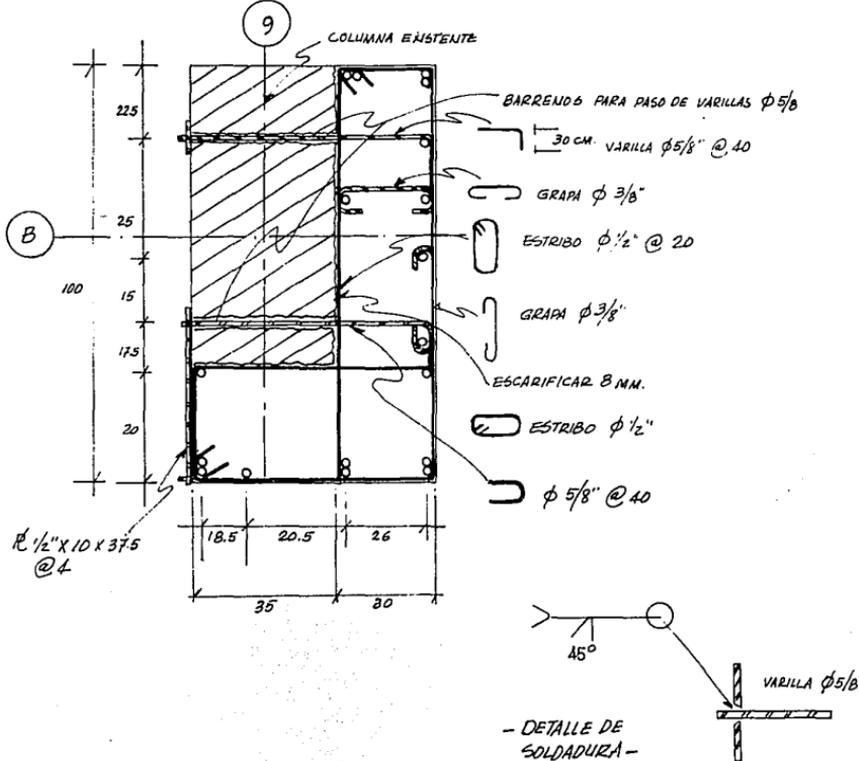


FIG. N° 12

## **5.2. Proceso de reestructuración en la superestructura.**

El proyecto de reestructuración tiene por objeto proporcionar a la estructura mayor rigidez ante una sollicitación dinámica mayor que la considerada en el diseño original de la central. La reestructuración en la superestructura consistió en el incremento de las secciones en columnas, en toda su altura, se contraventearon algunas crujeas de los ejes A y C, así como los ejes 1,2,3,9,10 y 11 entre B y C, y los ejes 1 y 11 en su tramo A y C, así como la ampliación de una parte del edificio.

### **5.2.1. Protecciones.**

En muchos casos fué muy problemático librar algunas interferencias, por lo que indicó Telmex que se tuvieran que realizar protecciones, y los alcances de estas, esto es, si se requiere proteger el equipo telefónico contra agua, polvo, vibraciones, golpes, aire, temperatura, condiciones de humedad, etc.

Es aquí cuando la supervisión propuso que las protecciones que se requirieran para cada elemento, fueran hechas con material de tablaroca. Estas protecciones se adecuaron según el espacio y las necesidades durante la ejecución de estas, se requirió tener el máximo cuidado proporcionando también seguridad al personal que maneja el equipo y al equipo mismo.

Existe una gerencia que especialmente se encarga de dar las indicaciones necesarias de seguridad e higiene, tratando de mantener en óptimas condiciones de higiene y observando que la seguridad sea total tanto para el personal de telmex y equipos.

La repercusión que en tiempo se tuvo por las condiciones de espacio por los equipos protegidos fue muy importante, ya que el tiempo requerido para su diseño, cuantificación, construcción, mantenimiento y retiro tuvieron impacto sobre las actividades a ejecutar.

Por lo que respecta a los imprevistos, las especificaciones de Telmex y contrato de la contratista, la responsabilizan al 100% de cualquier afectación, por lo que también se solicitó un contrato por seguro contra daños a terceros. La experiencia adquirida refleja, que este seguro es muy importante, pues los costos de los equipos son muy grandes y los riesgos de afectar alguno de estos muy alto.

Fueron muy importantes las protecciones exteriores hechas para los abonados (zona comercial), mediante alerones y pasos a cubierto, se logró proteger esta zona de proyectiles y de chispas producto de la soldadura.

### **5.2.2. Refuerzo en columnas.**

El proyecto comprende la reestructuración de 27 columnas en toda su altura incrementando su sección transversal. Para ello se procede en primera instancia a escarificar la columna existente en su perímetro con un mínimo de 6 mm.

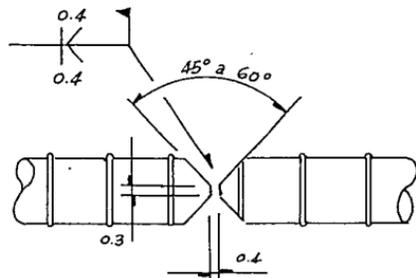
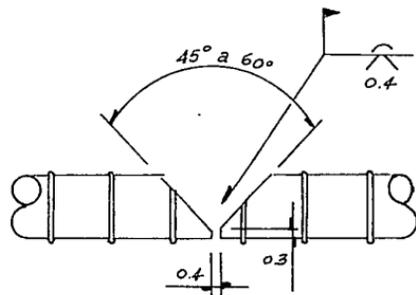
Existen tres elementos importantes que conforman una estructura:

- **Acero.** Se armó con acero de refuerzo de alta resistencia tanto longitudinal como transversal.

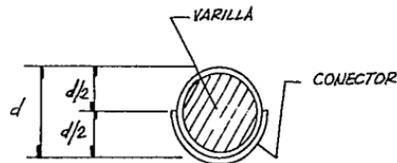
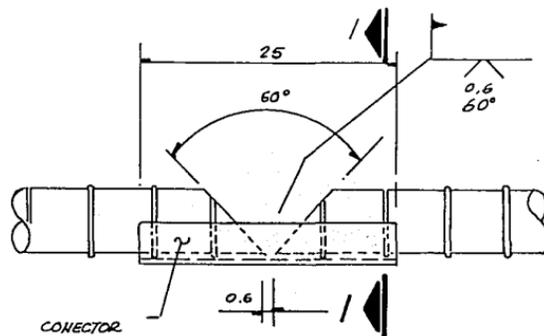
El procedimiento en la colocación del acero de refuerzo se hizo de la siguiente manera:

- a) Antes de iniciar con las etapas constructivas, se protegió el equipo telefónico existente contra el polvo, golpes y agua, con material de tablaroca.
- b) En la colocación del acero longitudinal, se realizó la demolición en la losa existente del tamaño de la sección de la columna nueva.
- c) Se cuidó que la posición del acero quedara marcada conforme a los planos estructurales, además de que cumpliera con un recubrimiento mínimo de 3 cm.
- d) En el armado del acero de refuerzo se emplearon varillas de diámetros de 1", 1 1/4" y 1 1/2". La sujeción se llevó al cabo con la ayuda del amarre de la varilla longitudinal con el estribo para evitar que hubiera desplazamientos en los colados.
- e) Con la finalidad de evitar congestionamiento del acero longitudinal en columnas en la zona de traslape se tomó la siguiente alternativa para hacer llegar dichos aceros de cimentación a nivel 4, como se describe a continuación:
  1. En aquellas columnas en las que se indicó un cambio en el diámetro de varillas se llevaron 4 de las 8 varillas esquineras con el mismo diámetro contemplado, desde cimentación hasta el nivel 4, por medio de bulbos de soldadura.

2. Para las 4 varillas esquineras restantes se realizarón bulbos de soldadura, con varillas de menor diámetro (Ver figura No.13).
  3. Para las columnas en las cuales se indicó un cambio en el diámetro de varillas, se pudo realizar este por medio de traslapes a partir del nivel 2, pudiéndose efectuar estos en un 50% como máximo, el resto se realizó según los puntos 1 y 2 antes mencionados.
  4. Para las columnas en las cuales se indicó llevar el mismo diámetro de varillas de cimentación al nivel 4 se traslaparon en un 50% como máximo en la zona que quedara distante de los nodos, siendo esta la distancia máxima a un cuarto entre entrepisos, y solo para diámetros no mayores de una pulgada. Las varillas restantes se empalmaron por medio de soldadura.
  5. El traslape del acero de refuerzo entre miembros, se efectuó con un mínimo de 40 diámetros en algunas varillas de 1" (por ser más económico el proceso), las restantes se traslaparon usando la junta CADWELD, y llevándose al cabo pruebas de laboratorio para determinar su efectividad.
  6. En una misma sección transversal no se empalmó con soldadura ni traslapes más del 33% del refuerzo, distando entre empalmes 20 diámetros como mínimo.
- f) Para las pruebas del acero de refuerzo, se ensayaron 3 probetas por cada lote de 15 toneladas de un mismo diámetro, verificando de esta forma las características de límite de fluencia de ruptura, porcentaje de alargamiento y corrugación.
- Las pruebas se efectuaron por varios laboratorios reconocidos, entre ellos podemos mencionar a los siguientes: Aurica, Ingeniería Experimental, Persa y Cominde. mismas que radiografiaron las juntas soldadas, verificándose el resultado antes de ser cubiertas por el concreto. En caso de haber rechazo, se procedió a cortar la varilla con soplete 20 cm de cada lado del centro de la junta, esto es por el cambio en las propiedades de la varilla el aumento en la temperatura, para posteriormente realizar nuevamente el bulbo de soldadura.
- g) Los dobleces en anillos y estribos se realizaron en frío con radio no menor de 2.5 diámetros para varillas con diámetro menor de 5/8" y de 3 diámetros para varillas de diámetros



CUANDO EXISTE ACCESO ALREDEDOR

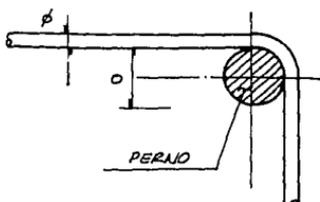


CORTE 1-1

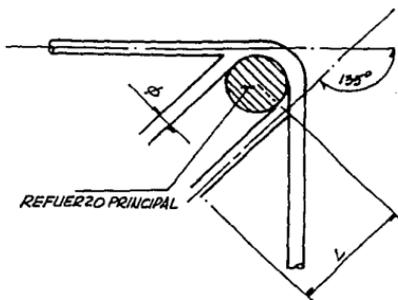
CUANDO NO EXISTE ACCESO ALREDEDOR

DETALLES PARA SOLDADURA DE VARILLAS.

FIG. N° 13



VARILLAS  
LONGITUDINALES



ESTRIBOS

## GANCHOS ESTANDAR

(VER TABLA - 1)

### NOTA:

LOS DOBLECES O GANCHOS DE LAS VARILLAS SE HICIERON EN FRIO EN TODOS LOS CASOS, ALREDEDOR DE UN PERNO CON EL DIAMETRO INDICADO EN LA TABLA - 1 Y CON EQUIPO ESPECIAL, NO SE PERMITIO NINGUN DOBLEZ DE VARILLA PARCIALMENTE EMBEBIDA.

T A B L A - 1		
φ	VARIS LONGITUDINALES	ESTRIBOS
	O (CM)	L (CM)
3/8"	6.0	10
1/2"	7.6	13
5/8"	9.5	16
1"	15.2	—
1 1/2"	23.0	—

mayores, como se ve en la tabla No. 2, como también se verificó que los dobleces tuvieran un ángulo aproximado a los 135 grados (ver tabla No.1). Para efectuar estos dobleces se utilizaron banquillos hechos en obra que permitieron hacer un doblez correcto de acuerdo a las especificaciones.

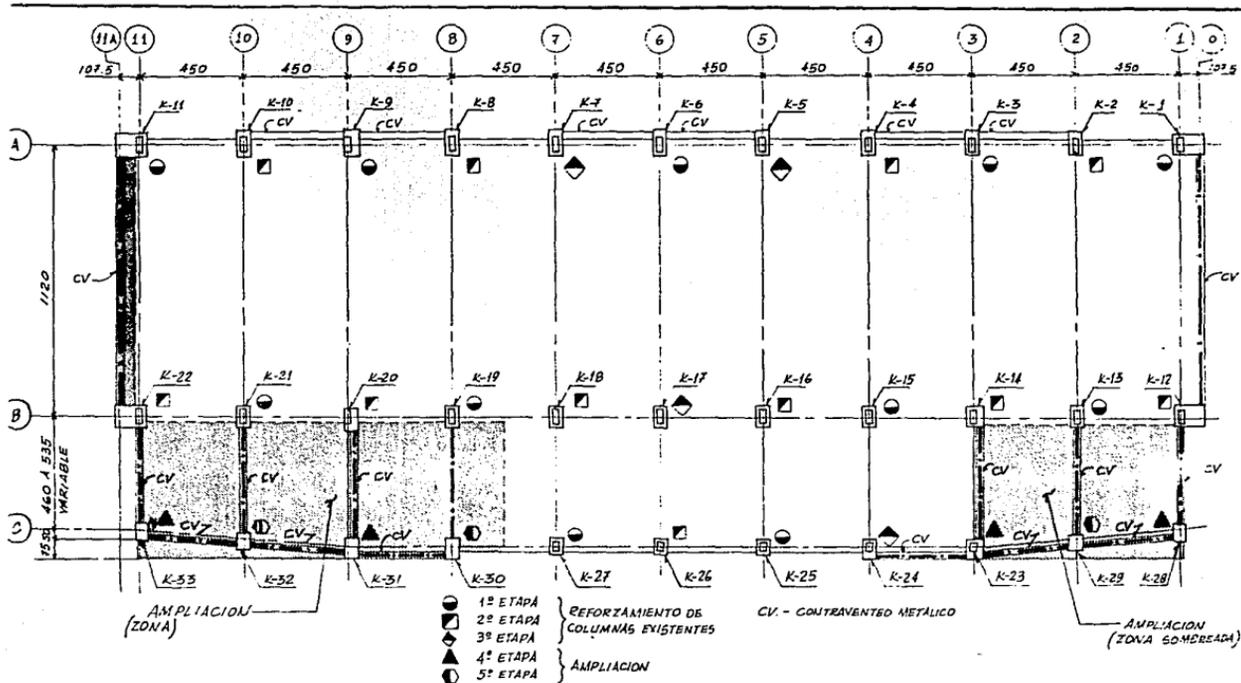
TABLA No. 1		
Diámetros varillas	Varillas Longitudinales Diámetro en cm	Estribos Longitud cm
3/8"	6.0	10
1/2"	7.6	13
5/8"	9.5	16
1"	15.2	-----
1 1/2"	23.0	-----

h) Una vez revisada la posición del acero en el plano aprobado, fue importante el uso de torres y de pasarelas, ya que las primeras tienen la versatilidad de ir cambiando de altura y las segundas permitieron transportar el acero habilitado suministrándolo a lo largo de los diferentes puntos en que los trabajadores procedían a colocarlo y armarlo, con esto se evita tener que caminar sobre el armado, y no producir deformaciones o posición incorrecta de éste.

i) En caso de que una etapa en proceso, se haya avanzado en un 50%, se pudo iniciar la que le continúe, tomando en cuenta los siguientes puntos. Se anexa un croquis de la planta del edificio. (Ver figura No.14)

- 1.- No trabajar en más de una columna en los marcos ejes letra al mismo tiempo.
- 2.- No trabajar columnas inmediatas en los marcos ejes letra al mismo tiempo.
- 3.- Los trabajos se pudieron adelantar de cualquier etapa no implicando riesgo alguno a la estabilidad parcial ó total de la central.

j) En el anclaje de las varillas de columnas, se procedió a embeberlas en concreto del nivel -2.30 hacia abajo 40 diámetros, quedando de punta la varilla.



ETAPAS CONSTRUCTIVAS PARA EL REFUERZO DE LA CENTRAL EXISTENTE

FIG. N<sup>o</sup> 14

k) En las zonas de unión de columna con trabe, se realizaron perforaciones en las trabes con herramienta mecánica para el paso de estribos, con el objeto de meter el estribo en partes y empalmarse con un cordón de soldadura de aproximadamente 10 cm como mínimo, según especificaciones de Telmex (Ver figura No.15).

Como también por facilidad constructiva se autorizaron colocar estribos en dos partes en columnas del nivel -2.30 (fosa de cables) como se ve en la figura No.16.

l) Para aumentar el confinamiento en el concreto, por normatividad se permiten amarrar cuatro varillas longitudinales por estribo como máximo. Por ello se llegaron a usar de 2 a 5 estribos por sección.

Adicionalmente en algunas columnas se emplearon grapas para la sujeción de varillas aisladas que no podían ser amarradas con estribos rectangulares, con esto se evita el pandeo (Ver figuras Nos.17,18 y 19).

- **Cimbra.** La cimbra de contacto deberá resistir los empujes del concreto, como también sirve para darle la forma y el acabado que requiere el concreto, además de ser económica, eficiente y segura. Para lo cual en su fabricación se utilizó triplay de 19 mm, con el propósito de aumentar el número de usos. Además de reforzarse con polines, duelas y barrote.

Su proceso se efectuó de la siguiente manera:

a) La cimbra se construyó de acuerdo con las dimensiones de las columnas que se indicaban en los planos, quedando a 1.35 mts abajo del lecho superior de la losa de entepiso, se hizo de esta forma para facilidad en el armado del cinturón metálico inferior que abraza a la columna.

b) Los puntales y apoyos debieron ser lo suficientemente resistentes para soportar la presión del concreto fresco hasta que éste fraguó, colocándose suficientes apoyos y amarres para evitar que se haya abierto la cimbra así como la sujeción correcta y asegurar su alineación por medio de plomos hechos a base de alambre sujeto en polines debidamente alineados en la cual en el otro extremo colgaban blocks.



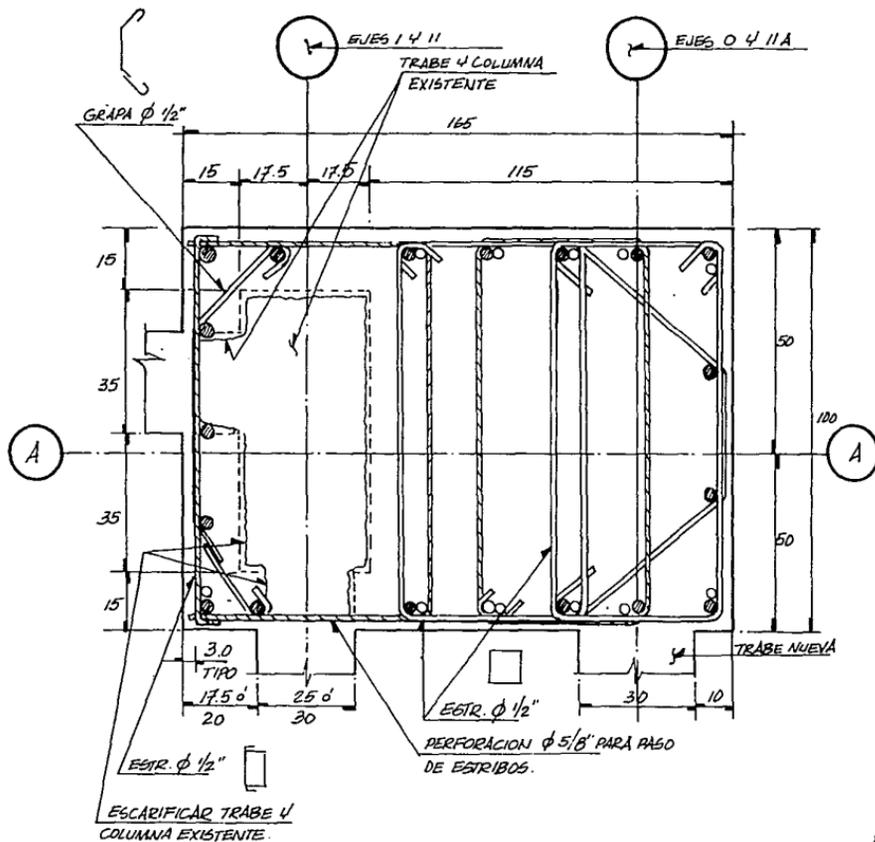
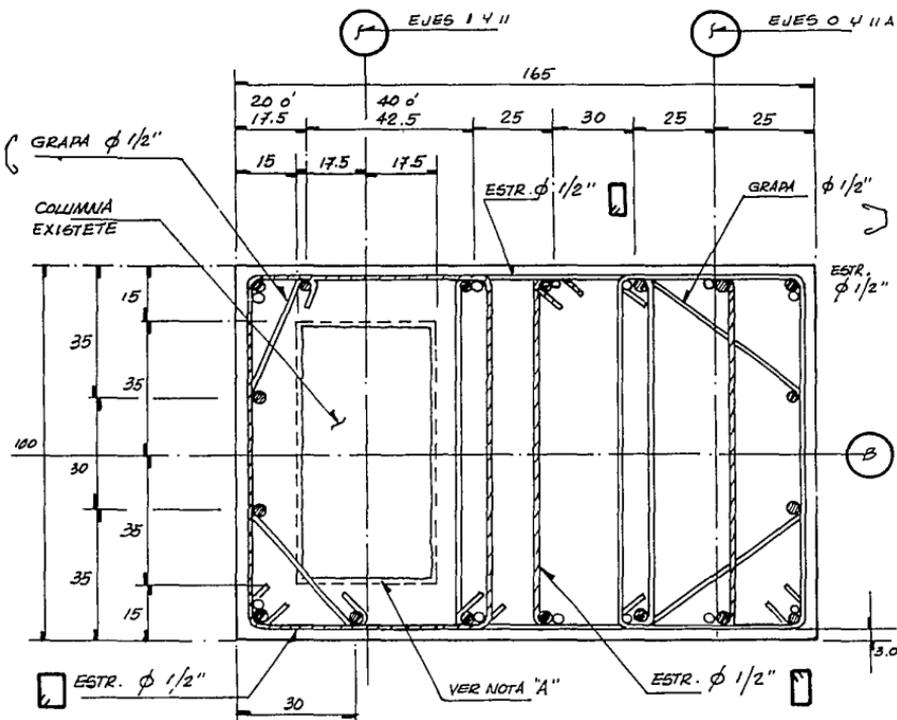


FIG. Nº 16

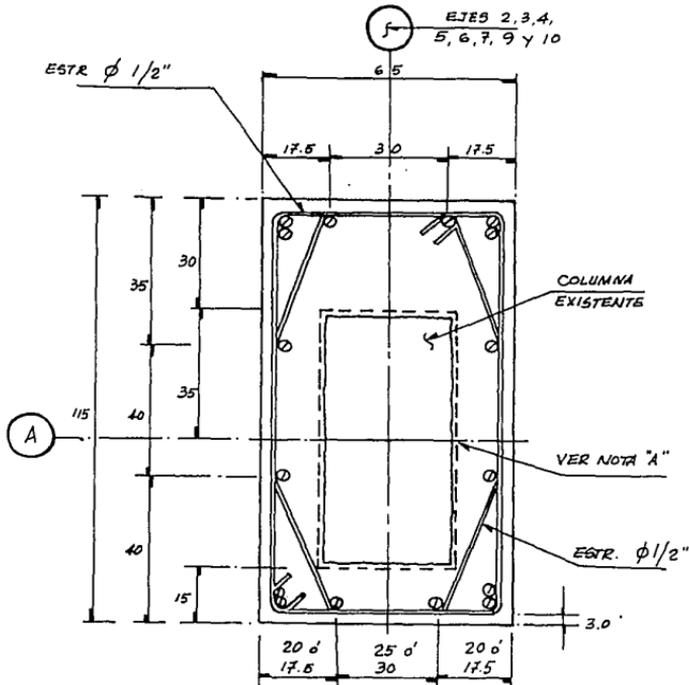


(●) --- 18 VARS.  $\phi 1 \frac{1}{4}"$  } (CIM. A NIV. 4)  
 (○) --- 12 VARS.  $\phi 1"$  }

NOTA :

A) -- ESCARIFICADO DE COLUMNA EXISTENTE A 6.0 MM.

FIG. N° 17



- --- 16 VARS.  $\phi$  1 1/4" (CIN. A NIV. 2)
- --- 16 VARS.  $\phi$  1" (NIV. 2 A NIV. 4)

**NOTA:**

A.) ESCARIFICADO DE COLUMNA EXISTENTE A 6.0 MM.

FIG. N° 18



c) La cimbra fue debidamente aceitada, para que ésta no quedara adherida al concreto y fuera fácil su decimbrado. La aplicación del aceite se realizó en dos partes, la primera se aplicó 12 hrs antes de cimbrar en el caso de que la cimbra estuviera ya lista, y la segunda poco antes de colocarse. De esta forma se dá mayor uso a la cimbra.

d) Su fabricación fue hecha de la siguiente manera:

1. Se colocaron hojas de triplay 19 mm a la medida de las secciones.

2. Posteriormente, por medio de barrotes clavados longitudinalmente a cada 20 cm impidió que la cimbra llegara al pandeo.

3. Además se colocaron transversalmente madrinas de aproximadamente 1.40 m a cada 60 cm sobre la cara frontal y posterior de la columna abrasando a los barrotes.

4. Finalmente se subió cada cara de la cimbra, para ser amarrados los sargentos de las madrinas con varillas de 5/8" en forma de gancho, y reforzados los tableros con tensores los cuales evitan que los costados de la cimbra se abran ó cierren, hechos a base de 4 alambres recocidos del No. 16 a los que se ha retorcido entre sí (torsales).

e) A 2.30 mts, se hicieron ventanas sobre dos costados de la cimbra en la columna, para poder colar y vibrar. Cuando el colado llegaba a ese nivel fueron tapadas.

f) A la altura de los nodos de las columnas esquineras y del eje B, se dejaron en la cimbra preparaciones para colar los armados de cadenas, como las barbas de losas y trabes. En el caso de las columnas del eje A el procedimiento constructivo fue diferente.

g) En las columnas esquineras se hicieron preparaciones en la cimbra para la colocación de pernos del contraventeo, mediante barrenos de aproximadamente de 1 1/2" hasta 3" de diámetro según el caso y el número de pernos a colocar en cada columna.

h) El decimbrado de las columnas no se pudo hacer, sino hasta después de 24 hrs de haberse efectuado el colado, cuando el concreto adquirió la resistencia adecuada para poder sostenerse y poder resistir cargas adicionales a la propia. En dicho decimbrado se aflojó con barretas, teniendo cuidado en no dañarla (aunque en algunos casos fue difícil desprenderla por las barbas de acero que pasaban por la cimbra).

i) La cimbra fue limpiada posteriormente al decimbrado de lechadas, polvo y residuos de concreto adherido a ésta. La limpieza se hizo con cepillo duro ó con espátulas, los cuales servían para raspar la superficie de ésta sin dañarla.

j) Finalmente se le protegió con otra capa de aceite y de la intemperie colocandola muchas veces en la fosa de cables, quedando lista para nuevamente utilizar de ella.

- **Concreto.** El concreto a utilizar fue de resistencia  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  con grava estructural de granulometría 3/4".

Las operaciones llevadas al cabo para vaciar el concreto en los moldes de las columnas fueron las siguientes:

a) El concreto fue preparado en planta premezcladora para las columnas de planta baja y primer nivel, de segundo y tercer nivel se fabricó el concreto en obra en revoladora de un saco.

b) El concreto premezclado se vació de la siguiente forma:

1. Se hicieron artesas donde se recibía éste.
2. Para subirlo se emplearon torres y botes.
3. Se fabricaron canaletas de madera para conducirlo por las ventanas abiertas en la cimbra.
4. Por lo regular se utilizaron dos vibradores, uno de ellos se introdujo por la ventana y el otro se introducía desde lo alto de la columna cimbrada.

c) El concreto hecho en obra se realizó de la siguiente manera:

1. El mezclado fué hecho de acuerdo a las proporciones dadas por el laboratorio.
2. Para su mezclado y transporte se emplearon botes alcoholeros y de pintura de 19 lts.
3. En el momento del vaciado de la revoladora a la artesa, se verificó que al concreto no se le agregara mayor cantidad de agua a la especificada en la dosificación, ya que de esta forma disminuye su resistencia.
4. Debido a la cantidad de acero en el armado de las columnas, es difícil que el concreto sin ayuda de un aditivo fluidificante, pudiera bajar a través de éste, por lo tanto se agregó aditivo de acuerdo a lo que señalaba el fabricante (de 250 a 300 ml. de aditivo por saco de cemento).

5. En el transporte se emplearon botes, carretillas y vogueis impulsados por malacates a través de un sistema de poleas.
- d) Por medio de la bitácora se avisó a la supervisión externa con 24 hrs de los colados de columnas de anticipación.
- e) La superficie de cada junta se debió dejar totalmente rugosa, esto con la finalidad de dar mejor adherencia al concreto que viniera posterior a éste.
- f) La columna a colar, debió estar saturada de agua 2 hrs antes del colado, esto con la finalidad de que el concreto nuevo no pierda agua al entrar en contacto con el concreto viejo, aunado con un aditivo para dar mayor adherencia (Adhecón).
- g) El vaciado del concreto se realizó en primera instancia por las ventanas laterales dejadas en la cimbra, cuando se alcanzaba el nivel se procedía a cerrarlas y posteriormente el vaciado se continuaba por la parte de arriba, esto con la finalidad de que el concreto no sufriera disgregación al momento de su vaciado.
- h) Las juntas de colado para las columnas de los ejes A y B se dejaron aproximadamente 1.35 mts. abajo del lecho superior de la losa de entepiso, para mayor facilidad al armado del cinturón metálico y la ampliación de trabe local en la zona del nodo. Para el caso de las columnas esquineras y columnas del eje C, su procedimiento fue distinto debido al alto riesgo que tienen estas columnas con respecto a las demás. La junta de colado fue dejada arriba del lecho superior de la losa de entepiso, colándose conjuntamente con los pernos de cada cinturón (los pernos fueron hechos con acero de refuerzo de 1 1/2" a 1" según el caso), barbas de trabes y losa.
- i) En el vibrado, se contó por lo general con dos vibradores eléctricos con chicotes de 3 mts. y cabezales de 2" y 4". Este fué hecho por lo regular procurando no tocar el armado sobre todo en las zonas en donde el concreto había endurecido.
- j) El recubrimiento de 3 cm. en el acero se respetó estrictamente, empleando para esto separadores (pollos) hechos en obra con mortero cemento-arena con proporción 1:2 y colandolo sobre una hoja de triplay y dando un espesor de 3 cm. Fresco el mortero se cuadrículó con una varilla de 3/8" en cuadros de 5 X 5 cm.

k) Finalmente, después de decimbrarse se procedió curar el concreto por dos formas: primero se vaciaron sobre la columna de arriba hacia abajo botes de agua cada 2 hrs con lapsos de 20 mints. durante 8 horas de jornada. Segundo. Después se adhirió una película plástica de color rojiso (curasil) sobre la superficie con una brocha.

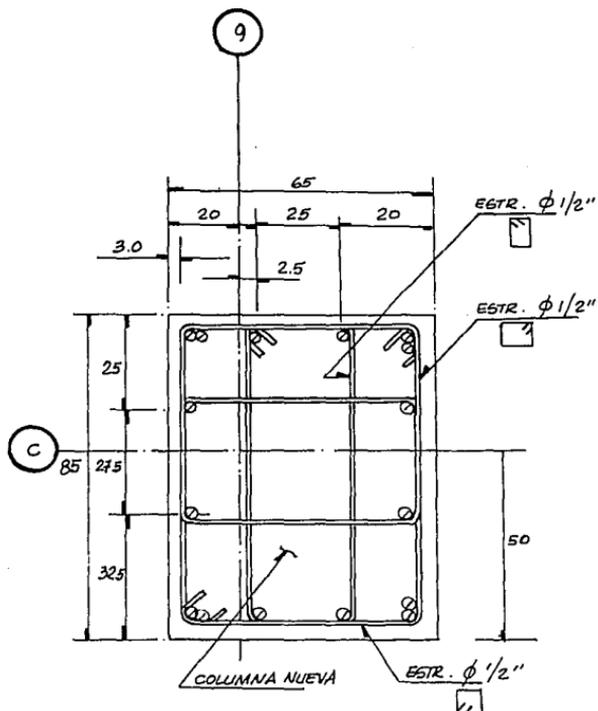
### 5.2.3. Ampliación de la Superestructura.

Debido a la necesidad de aumentar el número de equipo telefónico, sistema de aire acondicionado y zona comercial, en la Central Telefónica, fue imprescindible incrementar el área útil, para ello se tuvo que ampliar el número de columnas sobre el eje C de 27 a 33, (Se muestra en la figura No.20), como el número de metros cuadrados en losa de los ejes B al C de planta baja al nivel 4 (azotea) y las trabes nuevas sobre eje 11A tramo A-B como también las trabes de los ejes 1, 2, 8, 9 y 11 tramo B C y del eje C tramos 1-3 y de 8-11 de planta baja al nivel 4 (Ver figura No.21).

Al igual que las especificaciones dictadas por Telmex y el procedimiento constructivo llevados al cabo en la reestructuración de la superestructura para el concreto, acero y cimbra, se efectuó casi de la misma manera para la ampliación, teniendo algunas diferencias que mencionaremos a continuación:

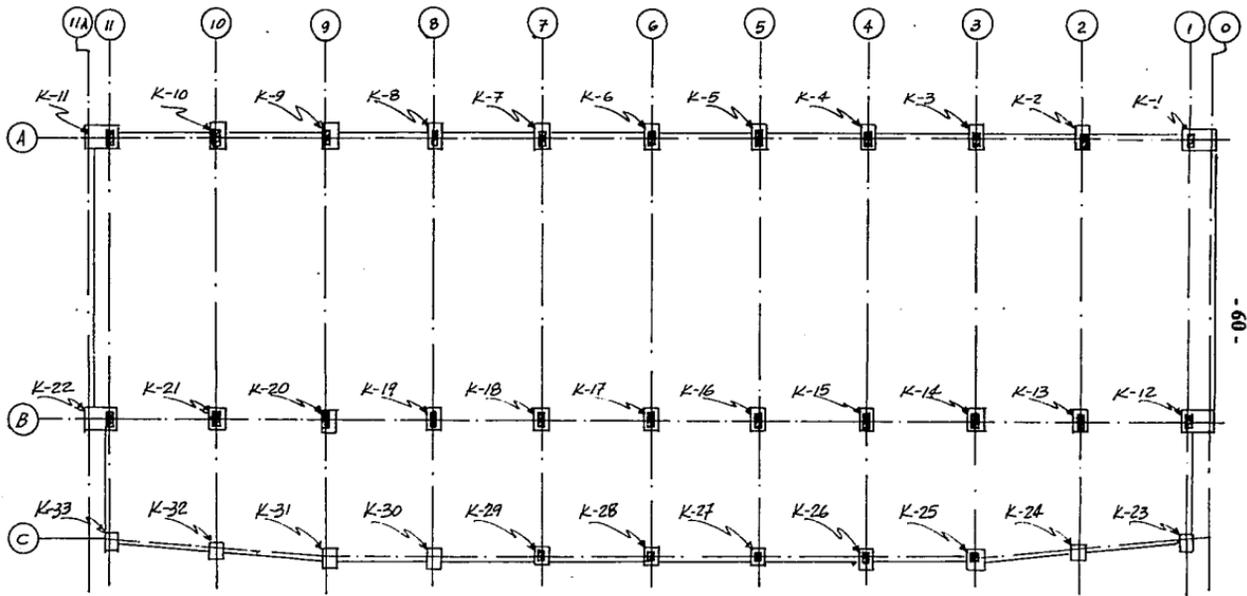
- a) Para el anclaje del acero longitudinal se dejó abajo de la parrilla de la losa de cimentación una escuadra de 12 diámetros en varillas de 1 1/4".
- b) Los estribos fueron colocados completos, ya que no existía ninguna interferencia.
- c) Las juntas de colado se dejaron abajo del cinturón metálico inferior, por facilidad en el armado del mismo.
- d) En la colocación de los pernos del cinturón metálico, se realizó moviendo los estribos para que el perno pudiera introducirse.

El armado de losas se efectuó conjuntamente con el armado de trabes, ligando las losas con la estructura existente por medio de aberturas de cajas locales de aproximadamente 10 cm. hechas en las trabes existentes hasta descubrir la varilla y poderse anclar con una grapa de varilla de 3/8" a cada 30 cm. a otra trabe nueva de liga pegada a ésta sobre el eje B y el eje 11, como también anclas a cada 50 cm.



- ⊙ --- 16 VARS.  $\phi$  1 1/4" (CIM. A NIV. 2)
- --- 16 VARS.  $\phi$  1" (NIV. 2 A NIV. 4)

FIG. N° 20



- PLANTA NIVELES 1, 2, 3 Y 4 DE COLUMNAS REESTRUCTURADAS Y AMPLIACION -

FIG. Nº 21

hechas a base de varillas de 5/8" y placa de 1/2" de 10 X 10 cm. en el otro extremo, para ello fue necesario barrenar para poder meter el ancla (El detalle anterior se muestra en las figuras Nos.22 y 23 ).

Por otro lado se procedió a colocar el parrillado de la losa teniendo especial cuidado en colocar las silletas que calzan el acero.

En los traslapes de las varillas de trabe nueva, se hicieron con un mínimo de 40 diámetros y procurando no dejarlos a no menos de 1 m. de distancia de los nodos.

En el cimbrado de las losas, se emplearon torres tubulares por su facilidad y rapidez en el armado y desarmado de las mismas. Encima de éstas se colocó una carna de polines, a lo largo para que finalmente se apoyara una superficie de contacto hecha a base de hojas de triplay de 19 mm. El decimbrado se efectuó después de los 15 días de haberse hecho el colado, hasta que el concreto haya adquirido una resistencia del 70%.

### **5.3. Rigidización a base de Contraventeos metálicos.**

Durante los sismos se produce cierto movimiento o aceleración de la superficie terrestre. Esta aceleración puede resolverse en sus componentes vertical y horizontal, por lo general se supone que la componente vertical de la aceleración es despreciable, mientras que la componente horizontal sí produce daños graves.

Es por ello que en edificios altos, en los que las solicitaciones producidas por viento ó sismo se vuelven predominantes en el diseño, el marco rígido convencional deja de ser una solución adecuada, pues para darle la resistencia y rigidez necesarias se requieren vigas y columnas de dimensiones y costos excesivos. En esos casos conviene utilizar elementos estructurales adicionales, muros de rigidez o contraventeos que resistan las fuerzas horizontales.

Los marcos contraventeados son una buena solución para edificios de altura intermedia; al diseñarlos se busca que el marco propiamente dicho resista las cargas verticales permanentes y el contraventeo las horizontales accidentales.

# ANCLAJE Y APOYO DE LA LOSA NUEVA DE LOS NIVELES 1, 2, 3 Y 4 EN EJE B.

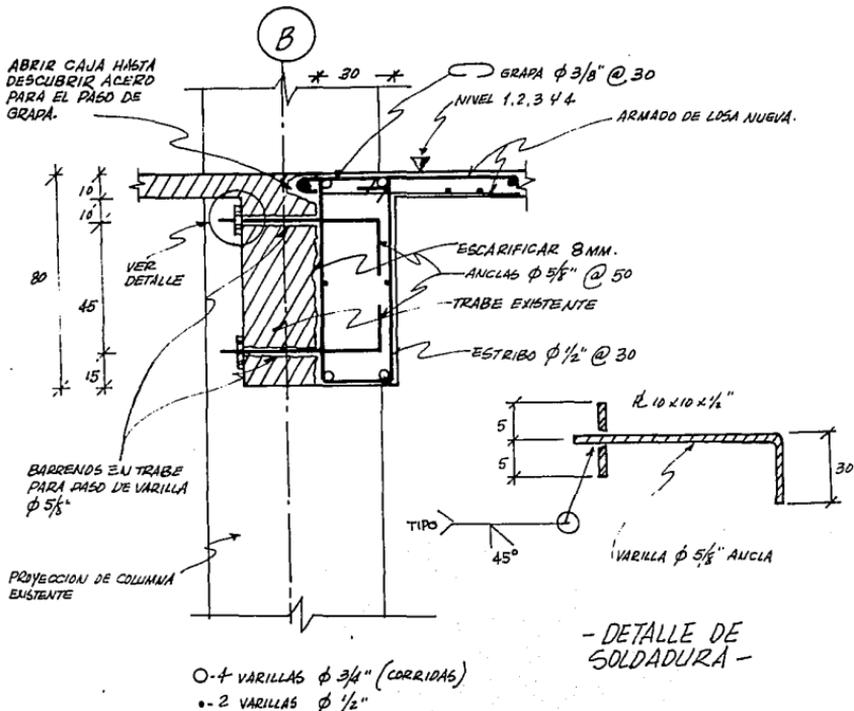


FIG. N° 22

CAMBIO PARA LIGAR LA LOSA NUEVA DE PLANTA BAJA A LA LOSA EXISTENTE.

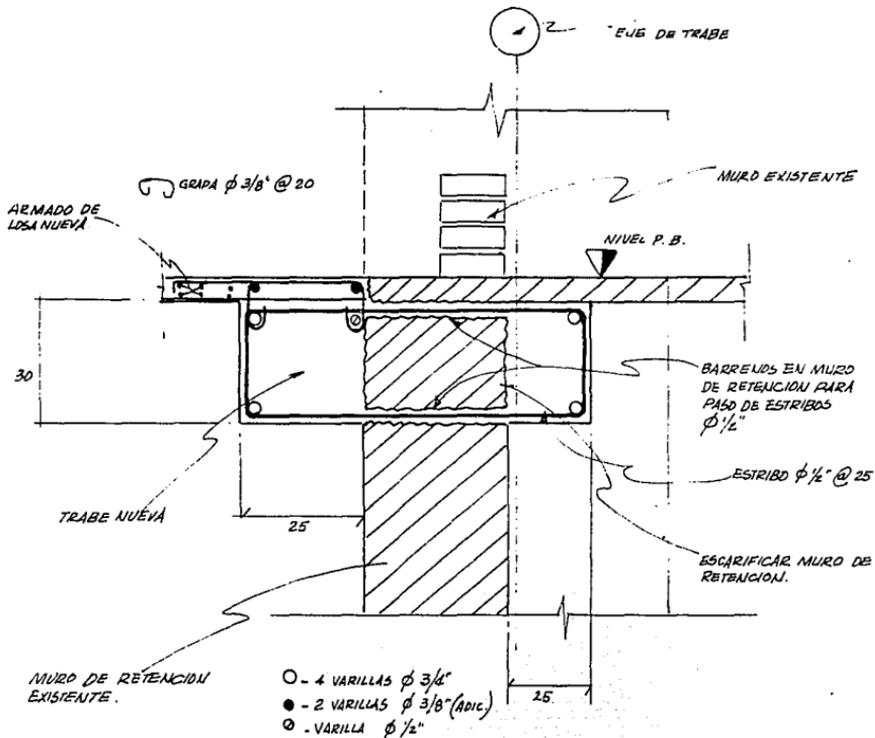


FIG. N<sup>o</sup> 23

La rigidización de la Central Telefónica, consistió en contraventear los marcos del eje A tramos 2-4, 5-7 y 8-10, eje 0 tramo A-B y eje 11A tramo A-B de la zona existente; eje C tramos 1-4 y 8-11 y ejes 1, 2, 3, 9, 10 y 11 tramo B-C de la zona ampliada; el contraventeo se efectuó de planta baja hasta el nivel 4. (Ver figura No.24)

El sistema utilizado en la obra en estudio fué en forma de K, en el cual el miembro horizontal se apoya a la mitad del claro, es más eficiente. El contraventeo en K permitió también tener una mayor libertad en el uso de los espacios libres ya que fué posible alojar puertas bajo su vértice. Podría hacerse notar que en los pisos superiores del edificio, las fuerzas cortantes son menores debido a la rigidez que se le dió por medio de los contraventeos.

### **5.3.1. Preparaciones para recibir los contraventeos.**

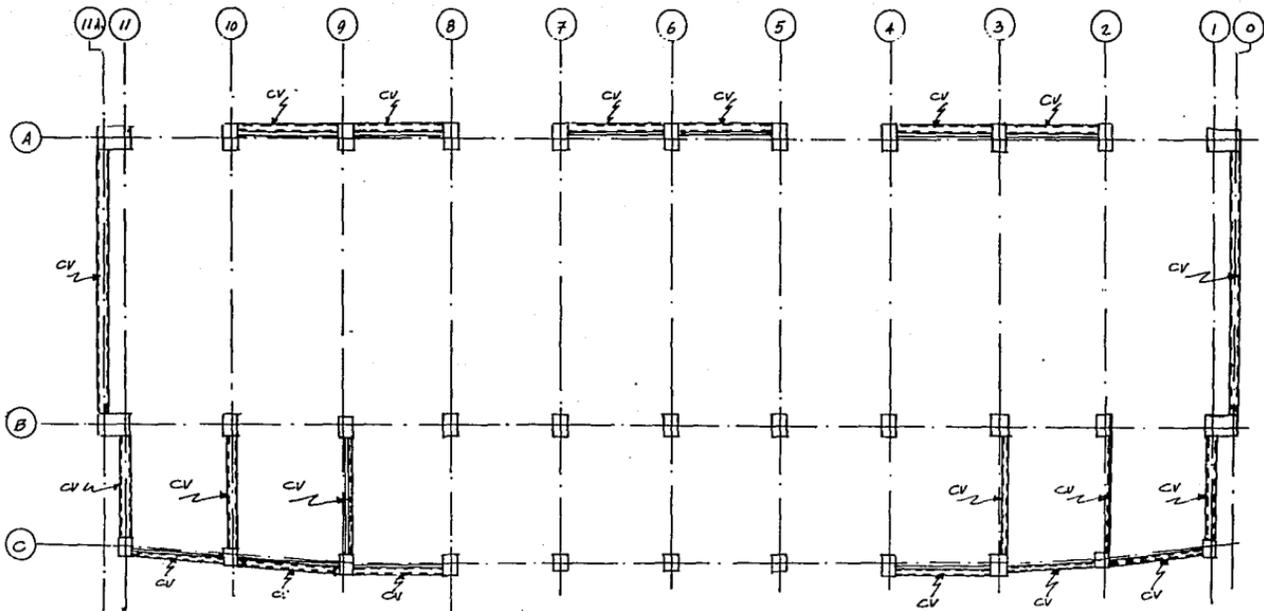
Las preparaciones realizadas en la estructura para recibir el contraventeo fueron importantes, ya que se dejaron ligadas perfectamente a la estructura existente.

Existieron varios tipos de preparación:

a) En planta baja se colocaron dados de concreto armado, los cuales tienen la finalidad, por un lado de sujetar la pierna del contraventeo y por otro transmitir la carga axial a la cimentación.

En el proceso de colocación de dichos dados, en primera instancia se tuvo que demoler localmente la losa tapa y el muro de contención de niv. planta baja a niv. -2.30.

El armado, instalación de anclas e IPR soldados a una placa en su parte superior del dado (como se ilustra en las figuras Nos.25 y 26), se hicieron fuera de sitio, para que posteriormente se bajara por medio de poleas hasta el niv. planta baja y finalmente se procediera a colar conjuntamente con el muro de contención, columna reforzada y losa tapa de planta baja, cuidando que el concreto se dejará 10 cm. abajo de la placa en la zona del dado únicamente, y al final se rellenará con un expansor de volumen (grout) garantizando de esta forma el cubrir toda el área entre la placa e IPR donde el concreto es muy difícil de llegar.

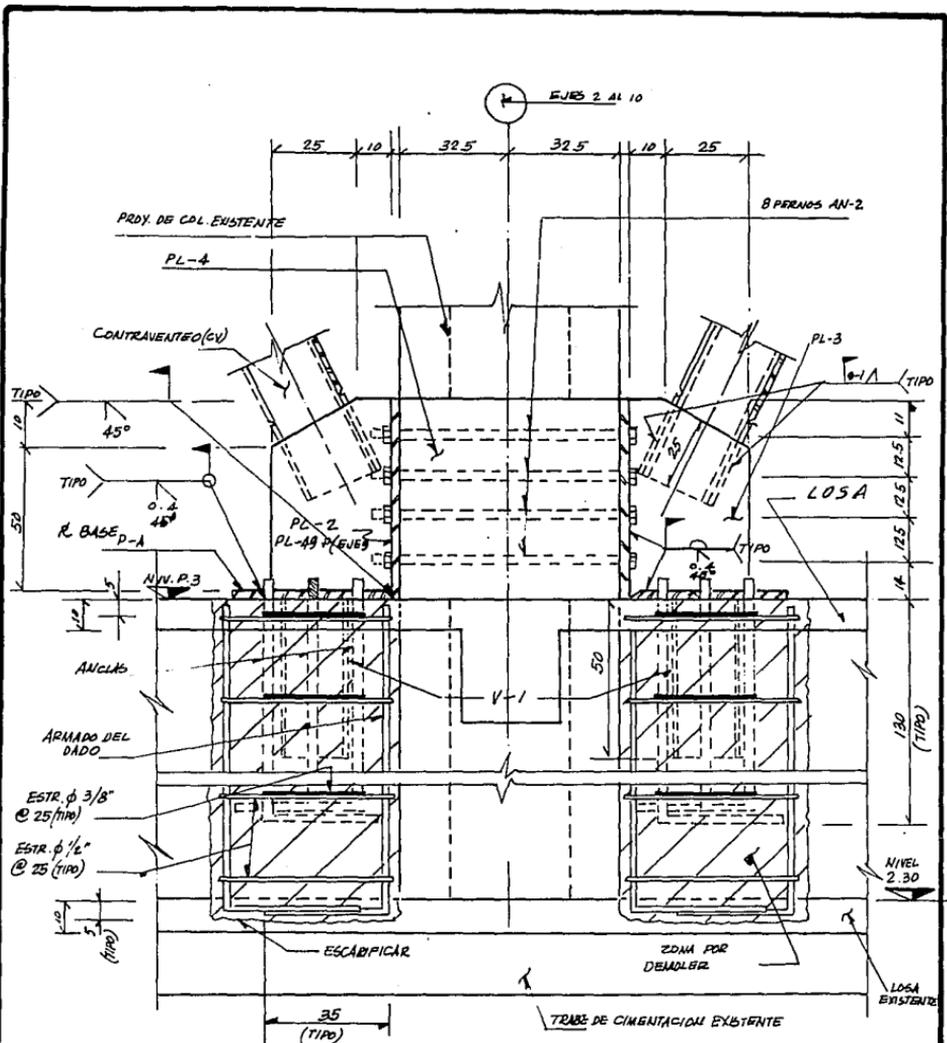


- 65 -

CV. - CONTRAVIENTO METALICO  
SIN ESCALA.

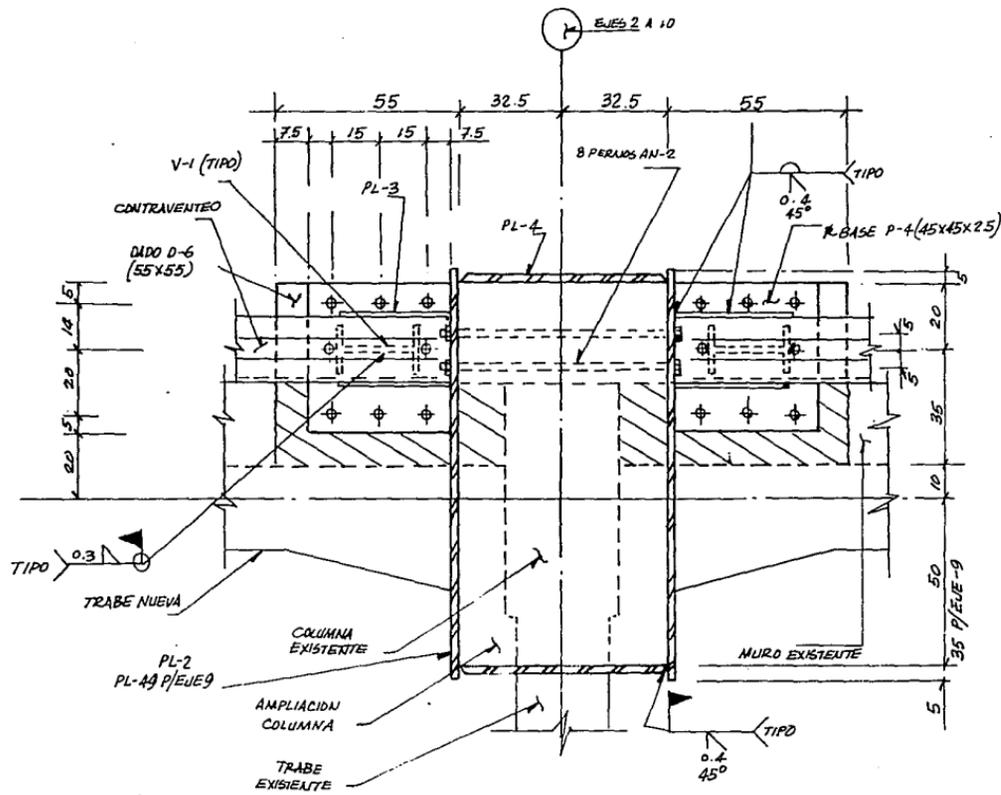
- PLANTA NIVELES 1, 2, 3 Y 4 REESTRUCTURADA Y AMPLACION -

FIG. N° 24



DETALLE - A  
(SE MUESTRA SOBRE EL EJE A)

FIG. N° 25



CORTE 1 - 1

FIG. N° 26

b) Se colocaron cinturones metálicos que abrazan a las columnas. Estos se dejaron armados cerca al nodo cuya finalidad es sujetar la pierna del contraventeo del cinturón superior y en el cinturón inferior apoyar el puntal a las ménsulas que a su vez iban soldadas al cinturón (Ver figura No.27).

Dentro del armado de la columna se dejaron pernos soldados a las placas del cinturón (Estos fueron cambiados del proyecto original por varillas como se observa en la tabla No.3 y la figura No.28), la finalidad es haberle proporcionado mayor agarre entre la columna y el cinturón metálico.

c) En la preparación para los niveles 1, 2, 3 y 4, se realizó una ampliación local de la trabe cerca al nodo, que consistió en la realización de perforaciones con equipo mecánico en la trabe e introducir las anclas con varilla de 5/8" y rellenarse con resina epóxica. Para poder asegurar la unión de la ampliación local con la trabe existente se tuvo que abrazar con placas metálicas con la colocación de pernos. Dichas placas se soldaron a los cinturones que conforman el nodo.

El colado de los nodos del eje A con excepción de las columnas esquineras, se efectuó conjuntamente con la ampliación de la columna, restitución de losa, la(s) ampliación(es) local(es) y cinturón inferior (Ver figuras Nos.29 y 30).

También en la parte central del marco se armó una ampliación local de trabe de mayor dimensión que las de los extremos y cuya función es la de recibir el vértice de las piernas que conforman el contraventeo.(Ver figura No.31)

### **5.3.2. Proceso en la fabricación y montaje del contraventeo.**

La fabricación se efectuó conforme a los planos estructurales y dentro de la obra, viéndose en ocasiones interrumpido por las inclemencias del tiempo o la falta de energía.

Lo complicado del proyecto ameritaba que el personal a efectuar este tipo de trabajo, fuera calificado y constantemente puesto a exámen.

En su fabricación se logró contar con suficiente espacio para su fácil elaboración, ensamble de las piernas y puntales y cortes de las demás piezas que lo integran, como son los cartabones, ménsulas, paletas, etc..

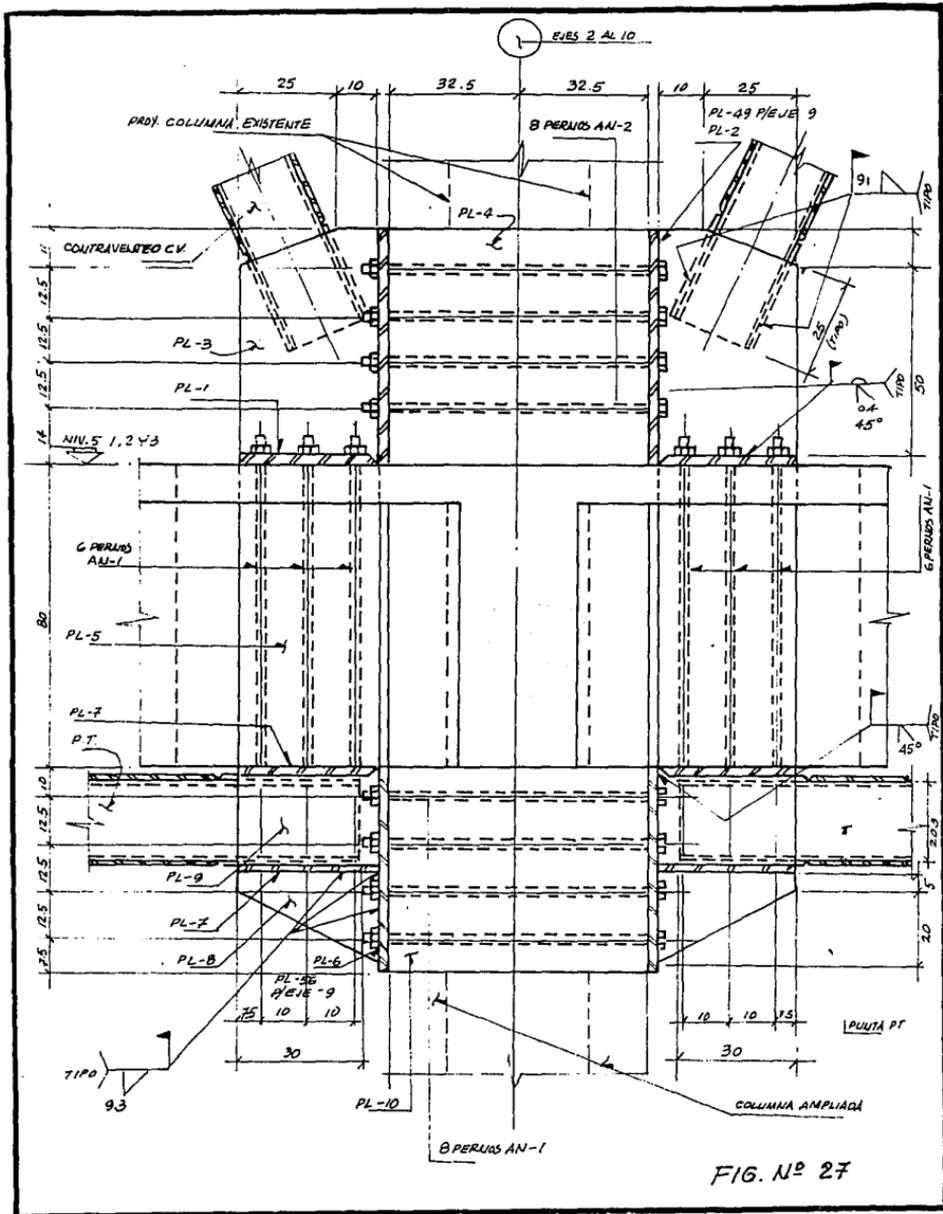


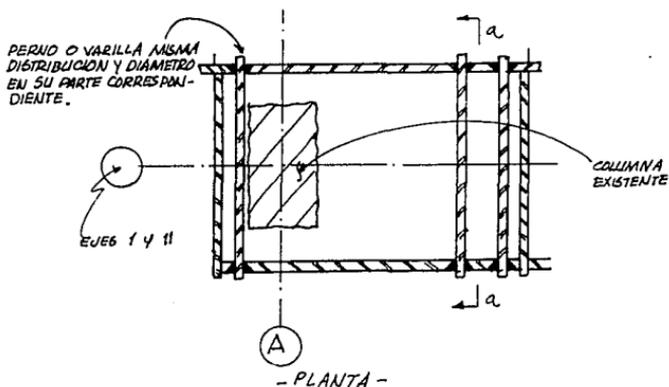
FIG. Nº 27

CAMBIO DE PERNOS A-490 POR VARILLAS CON  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
(ALTA RESISTENCIA) SOLDADAS

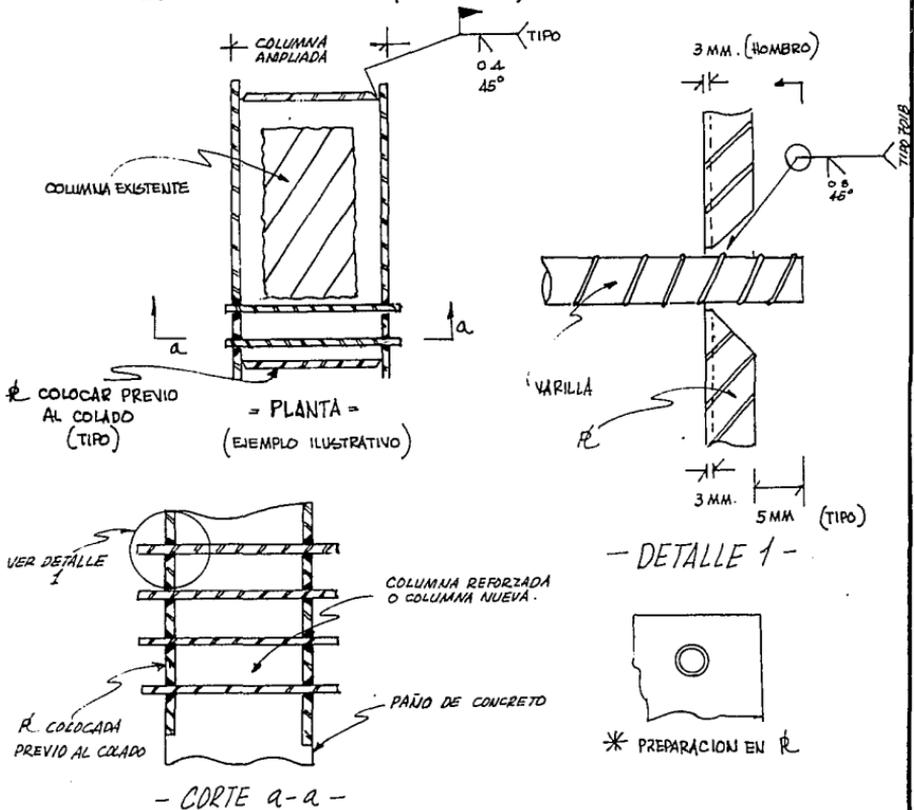
TABLA N° 3

TABLA DE DIAMETROS PARA PASADORES EN JUNTAS DE CONTRAVIENTOS	
$\phi$ DE PERNOS A-490 DE PROYECTOS	$\phi$ DE VARILLAS CON $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ AUTORIZADO
$\phi 3/4''$	$\phi 1''$
$\phi 1''$	$\phi 1 1/4''$
$\phi 1 1/4''$	$\phi 1 1/2''$

ESTA TABLA SOLO MUESTRA EL CAMBIO CORRESPONDIENTE DE DIAMETRO DE PERNOS A VARILLAS, EL CUAL DEBERA COTEJARSE CON LO INDICADO EN LA TABLA



A PETICION DE LA SUPERVISION SE AUTORIZA LA SIGUIENTE ALTERNATIVA PARA ANCLAJES DE CONTRAVIENTOS DE ACUERDO A LOS DETALLES QUE A CONTINUACION SE MUESTRAN Y A CONTINUACION SE MUESTRAN Y CON LOS DIAMETROS (PERNOS) QUE SE DAN EN TABLA ANEXA



\* LOS AGUJEROS SE REALIZARON CON TALADRO Y POSTERIORMENTE SE AVELLANARON DE ACUERDO AL DETALLE 1.

FIG. N° 28

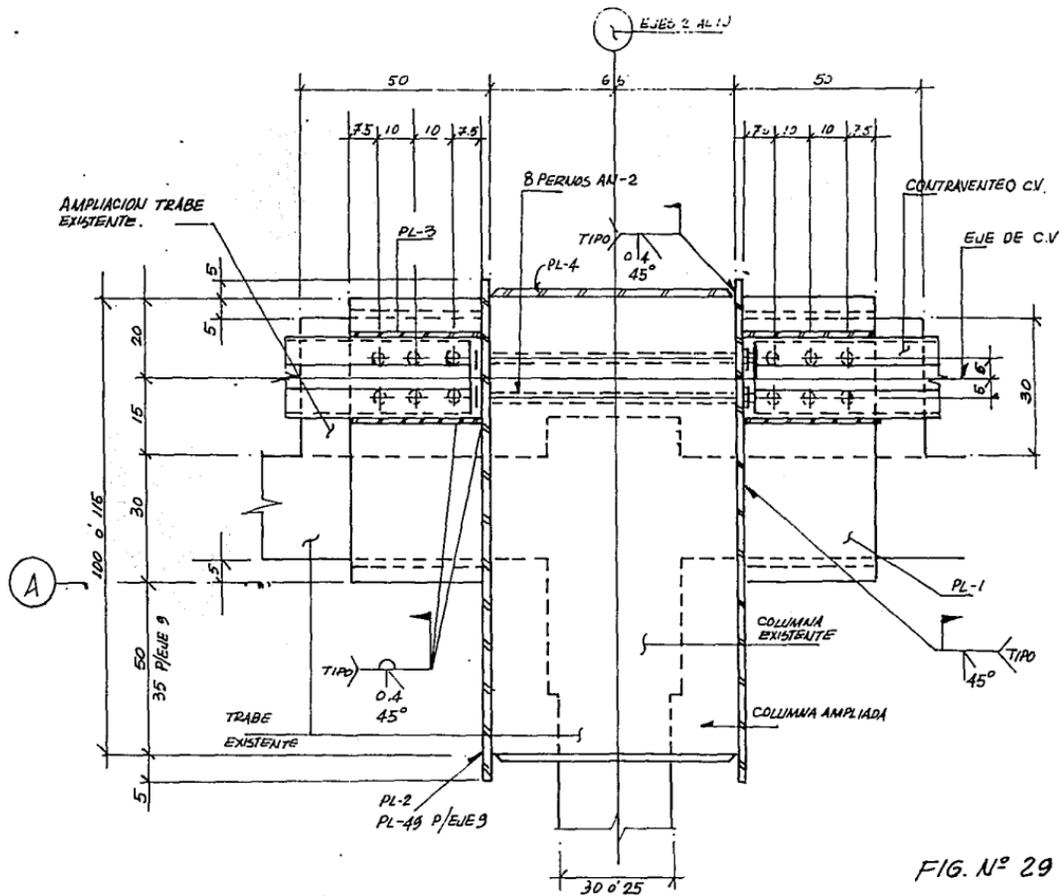
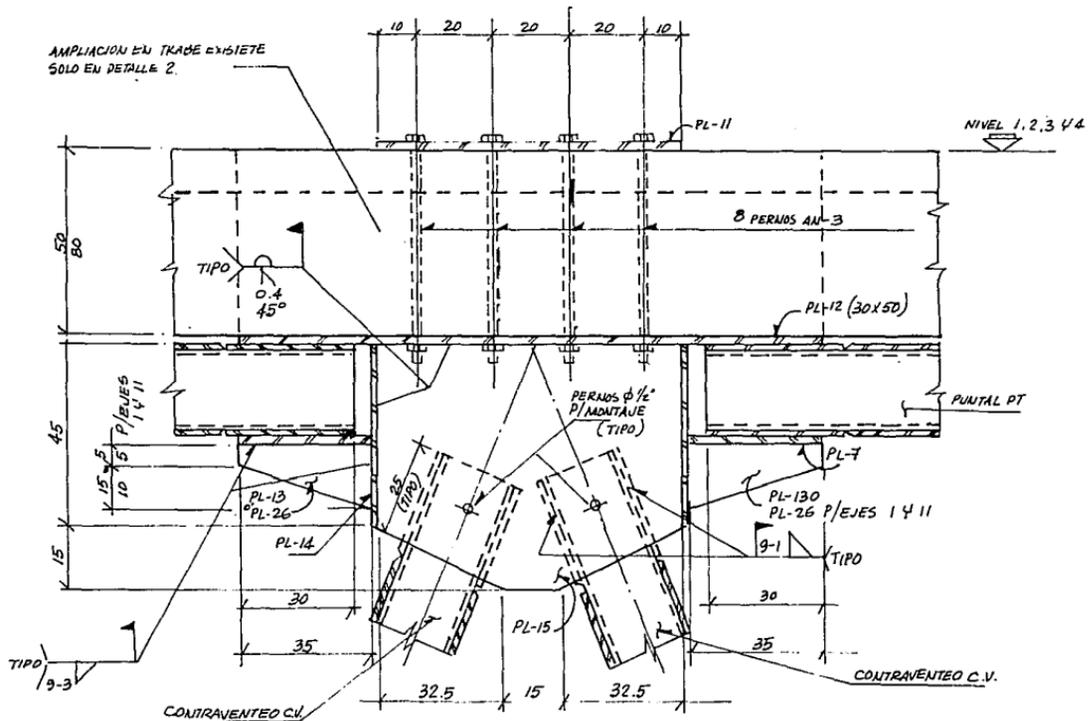


FIG. N° 29





DETALLES 2 4 4

FIG. N° 31

Una vez fabricado se soldaron las piezas pequeñas, para que posteriormente se montaran las piernas y puntales que quedaban soldadas a los cartabones y éstos a su vez a los cinturones metálicos y a las ampliaciones locales de trabe.

Los contraventeos del eje A donde existían muros, su realización fué complicada, debido a la falta de espacio que requiere el soldador, para lo cual se demolió parte del muro o trabajar con soldadura bajo cabeza, las que requieren mayor tiempo por lo dificultoso que implica este tipo de soldados.

### **5.3.3. Detalles en contraventeo.**

Existieron infinidad de detalles en el montaje del contraventeo y la sujeción con la estructura existente. Las actividades de detalle implican incremento en el costo y en el tiempo, debido a que son los puntos en que se se conjuntan una serie de actividades que tienen su fin y que para ello se tuvo que idear un proceso constructivo que pudiera cumplir con proyecto, especificaciones y con el programa de obra.

Con base a los dibujos de diseño, respetando los perfiles, secciones, soldaduras e indicaciones en dichos planos, se elaboraron los planos de taller donde se indican todos los detalles y especificaciones necesarios para la fabricación y montaje.

## 6. PRUEBAS DE CAMPO.

### 6.1. Acero de refuerzo y sus propiedades.

El acero de refuerzo, es un importante elemento utilizado en las estructuras de concreto reforzado, ya que como sabemos el acero forma parte importante en columnas, trabes, losas, etc., sea que se utilice solo o asociado a otros, sin su presencia no se concibe ningún edificio moderno; se puede valorar su importancia sabiendo que su empleo con respecto a la totalidad de los metales es superior al 80%.

#### 6.1.1. Formas aceptadas para el acero de refuerzo.

Dentro de la obra en estudio, se utilizó un acero de refuerzo de varilla corrugada con un valor de fluencia  $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ . Los diámetros empleados fueron: varillas 3/8", 1/2", 3/4", 5/8", 1", 1 1/4" y 1 1/2".

#### 6.1.2. Especificaciones de las barras de refuerzo.

Las especificaciones señalan claramente cuáles son las normas en el control de calidad que debe cumplir el acero de refuerzo de lata resistencia.

- Requisitos físicos que deben cumplir son: (Como se indica en la tabla No.4)

**TABLA No.4**

NUMERO		DIMENSIONES			CORRUGACION	
DESIGNACION	MASA NOMINAL (kg/m)	DIAMETRO (mm)	AREA (mm <sup>2</sup> )	PERIMETRO (mm)	ESPACIAMIENTO (mm)	ALTURA (mm)
3	0.560	9.5	71	29.8	6.7	0.4
4	0.994	12.7	127	39.9	8.9	0.5
5	1.552	15.2	198	50.0	11.1	0.7
6	2.235	19.0	285	60.0	13.3	1.0
8	3.973	25.4	507	79.8	17.8	1.3
10	6.225	31.8	794	99.9	22.3	1.6
12	8.938	38.1	1,140	119.7	26.7	1.9

- Trabajando a la tensión debieron cumplir con lo siguiente:(Como se indica en la tabla No.5)

<b>TABLA No.5</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>GRADO 30</b>	<b>GRADO 42</b>	<b>GRADO 52</b>
Resistencia a la tensión mínima en N/mm2 y en (Kg/mm2)	490 (50)	617 (63)	686 (70)
Límite de fluencia mínimo en N/mm2 y en (Kg/mm2)	294 (30)	412 (42)	510 (52)
Alargamiento en %			
Varilla No. 3	11	9	8
Varillas Nos. 4,5 y 6	12	9	8
Varilla No. 8	10	8	7
Varilla No. 10	8	7	7
Varilla No. 12	7	7	5

- Para su doblez fue necesario disponer de un mandril que permitió un giro a 180 grados, cuyo diámetro expresado como múltiplo del de la varilla estuvo de acuerdo a lo siguiente:(Como se indica en la tabla No.6)

<b>TABLA No.6</b>			
<b>DIAMETRO MINIMO PARA DOBLAR</b>			
<b>VARILLA NUMERO</b>	<b>(DADO EN FUNCION DEL DIAMETRO DE LA VARILLA)</b>		
	<b>GRADO 30</b>	<b>GRADO 42</b>	<b>GRADO 52</b>
3, 4 Y 5	4d	4d	5d
6	5d	5d	6d
8	5d	6d	7d
10 Y 12	5d	8d	8d

Donde : d = Diámetro nominal de la varilla

### **6.1.3. Inspección de calidad del acero de refuerzo.**

El material se identificó plenamente al ser adquirido y recibirlo en obra, por lo que se aseguró mediante las requisiciones que lo acompañaban, que corresponde al solicitado y posteriormente tomando en forma directa probetas para mandarlas al laboratorio. Las requisiciones de las varillas indicaron lo siguiente:

- Peso total del lote en kilogramos.
- Si son corrugadas o lisas.
- Grado del acero.
- Si su presentación es en rollo o recta.
- Requisitos adicionales si es producción especial.
- Verificación de la calidad del acero de refuerzo.

Para verificar la calidad del acero de refuerzo, se hizo necesario obtener varias pruebas de resistencia a la tensión, corrugación y dobléz, de lo cual arrojaron los siguientes resultados:

- Por ningún motivo se permitió que se hicieran dobleces en la varilla con soplete ó algún otro aditamento inflamable.
- Se cercioró que las varillas estuvieran limpias (no en su totalidad) de óxido, para lo cual fué empleado cepillo de alambre y en ocasiones cuando así lo requería esmeriladora.
- En juntas de concreto, se verificó que las varillas no contuvieran residuos de concreto de colados anteriores, para ello se exigió que se limpiaran perfectamente.

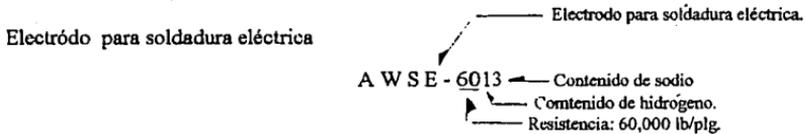
### **6.1.4. Control en soldadura estructural del acero de refuerzo.**

Durante el armado del acero de refuerzo que llevó el concreto, se requirió que las uniones entre varillas mayores a 1" de diámetro fueran soldadas de punta ó a tope, realizando previamente una preparación y

utilizando electrodos tipo E-90XX para el soldado. Con el procedimiento arco voltaico que consiste en colocar dispositivos de acero o anclas, generandose una corriente eléctrica en una masa gaseosa provocando la soldadura entre dos metales con desprendimiento de luz y creando una zona de alta temperatura con aproximadamente 4,000 grados centígrados. Se provoca al conectar uno de los polos de la fuente de energía eléctrica al metal por soldar, al que generalmente se le asigna el negativo, y el otro polo al electrodo como positivo.

Para ello se utilizaron máquinas soldadoras, las cuales transforman la corriente alterna bajando su tensión e incrementando su intensidad, trabajando para tensiones de 110 a 440 volts.

- Serán los electrodos los elementos que darán la resistencia del metal de aporte para las uniones realizadas. Se denominan por letras y números de acuerdo a la siguiente convención:



Las primeras siglas son las de la institución que determinó las características correspondientes, una "E" de electrodo y después cuatro números que indican lo siguiente:

AWS	E	XX	X	X
60	1	0		
70	2	3		
90	3	8		

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Donde:

XX = 60: indica la resistencia del acero:  
60,000 lb/plg<sup>2</sup> ó:  
60,000 X 0.07 = 4,200 kg/cm<sup>2</sup>  
= 70: 70,000 X 0.07 = 4,900 kg/cm<sup>2</sup>  
= 90: 90,000 X 0.07 = 6,300 kg/cm<sup>2</sup>

X Indica: 1 contenido bajo de hidrógeno.  
2 contenido medio de hidrógeno.  
3 contenido alto de hidrógeno.

X Indica: 0 contenido bajo de sodio.  
3 contenido medio de sodio.  
8 contenido alto de sodio.

- Los esfuerzos permisibles en tensión y compresión para los diversos tipos de soldadura deben ser como mínimo los mismos que para los esfuerzos unitarios permisibles correspondientes al metal base (en este caso hablamos de varilla corrugada con un límite de fluencia  $f_y = 4,200$  kg/cm<sup>2</sup>). En general al seleccionar la resistencia de la soldadura conviene incrementarla en un 25% con respecto al metal base:

$$f_y(\text{soldadura}) = 1.25 \times f_y(\text{metal base})$$

-El alargamiento permitido para las soldaduras está entre 15 y 20%.

-Para que la varilla sea soldable, el acero de que está constituido debe tener un máximo de carbon de 0.75%.

-Características de una soldadura cumplida en obra.

a.- Buena penetración: Se tiene si el material aportado funde la raíz y penetra debajo de ella para soportar cualquier tipo de esfuerzo.

En la figura se muestra una soldadura con poca penetración.

- Poca penetración:



b.- Sin socavaciones: El metal base no deberá presentar ahondamientos en el pie de la soldadura, como se representa en la figura anexa.

- Con socavación:



c.- Fusión completa: Se tiene cuando el metal base y el metal aportado logran formar una masa homogénea.

- Fusión incompleta:



d.- Sin porosidades: La soldadura no debe presentar en su interior ni burbujas de aire y escoria. En la figura se muestra una soldadura defectuosa por estas causas.

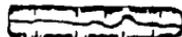
- Con porosidades:



e.- Sin grietas: El metal aportado no debe presentar ninguna grieta o fisura. La figura adjunta representa una soldadura con esta falla.

- Con grietas:

Central



Laterales

f.- Buen acabado: El cordón de soldadura se debe ver sin endiadas ni sobremontes.

- Mal acabado.



- La longitud efectiva de la soldadura se ve reducida por defectos generados durante el soldado, cuya pérdida de eficiencia se dá en el siguiente cuadro:

DEFECTO	SIMBOLOGIA		EFICIENCIA
R Rotura			0%
FF Falta de fusión			50%
FP Falta de penetración			50%
IE Inclusión de escoria			60%
Porosidad			80%

- Tipos de uniones soldadas en varillas:

- a. Las uniones soldadas a tope deben tener el área de la sección transversal nominal de la varilla de menor diámetro.
- b. Cuando las varillas están en posición horizontal y son de igual diámetro pueden ser soldadas en "V" sencilla o doble y con ó sin tubo de respaldo. Si es doble la garganta de cada soldadura se consideró equivalente al 40% del diámetro de la varilla.
- c. Cuando están en posición vertical conviene soldarlas con bisel sencillo ó doble. Para el caso del bisel sencillo la garganta debe equivaler al 60% del diámetro:
- d. Cuando las varillas tienen cambio de diámetro se debe soldar con el área de la sección transversal de la varilla de menor diámetro y soldada con bisel sencillo.

#### **6.1.5. Pruebas hechas de la calidad en la soldadura.**

Las pruebas realizadas para verificar la calidad de la soldadura, fueron importantes para la obtención de un mejor control de calidad, de las cuales se realizaron las siguientes pruebas por el laboratorio:

- 1) Radiografía. La más conveniente, pero por costo su uso se aplica a unas cuantas muestras representativas de la totalidad.
- 2). Ultrasonido. Detecta donde no hay continuidad en el metal permitiendo que con su información se generen "mapas" indicando las zonas de falla.

#### **6.1.6. Comentarios.**

Debido a la excesiva humedad, y a las partículas de polvo que circulaban dentro de las celdas de cimentación, provocadas por el escarificado, y por otro lado la incomodidad que presentaba para el soldador, fueron rechazadas por el laboratorio varias muestras tomadas en soldadura de varillas por contener socavaciones, porosidad y falta de fusión, por lo que se mantuvo un constante bombeo y una suspensión en las labores donde se aplicara un bulbo de soldadura.

## 6.2. Concreto.

Para tener un mejor control de calidad en el concreto se tuvieron que efectuar operaciones adecuadas para fabricar, transportar, colar, vibrar, curar, y efectuar las pruebas correspondientes, que cumplieren con las especificaciones dictadas por TELMEX.

Para ello pretendemos dar en forma de definición de lo que es el concreto: Es un material pétreo de creación artificial producto de la mezcla de elementos inertes como son: la grava y la arena; con un aglutinante: el cemento portland con agua. Además, si se desea puede llevar diversos tipos de aditivos que modificarán sus propiedades iniciales.

### 6.2.1. Características del concreto.

- Los elementos que integran su mezcla son de dos tipos:

a) Activos: Cemento y agua que al entrar en contacto entre sí generarán una reacción química mediante la cual la masa empieza a fraguar hasta que a los 28 días alcanza su resistencia de proyecto, permitiendo que todo elemento inmerso en ella quede sujeto en forma definitiva.

b) Inertes: Son agregados pétreos, minerales o de alguna otra naturaleza. Entre los primeros predominan las gravas y las arenas cuya función será dar la estructura al concreto y quedará amalgamada por la pasta de cemento alojada en los huecos formados en ella.

- La resistencia del concreto estará prevista a su fabricación al predeterminar las cantidades de cemento, agregados y agua que participarán en la mezcla. Las proporciones que tendrán cada uno de los elementos variarán según la resistencia que se desee obtener y conforme al procedimiento de dosificación, pero los resultados oscilarán a los siguientes porcentajes:

\* Cemento 10 a 15%

\* Agregados 70 a 75%

\* Agua 12 a 15%

### 6.2.2. Dosificación del concreto

Se denomina dosificación del concreto al procedimiento mediante el cual se va a determinar la proporción en que se incorpora cada uno de los elementos que lo integran.

En la obra se llevó a cabo el análisis de dosificación para un concreto  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  por el laboratorio "AURICA" Consultores Técnicos en Ingeniería y Construcción, el cual obtuvo los siguientes resultados: Proporcionamiento para la elaboración de un concreto  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , revenimiento de 8 a 10 cms., con base física a las propiedades físicas de los materiales muestreados en obra. (Como se muestra en la tabla No.7)

DATOS	P.V.S.	DENSIDAD
Cemento	1515	3.15
Arena	1210	2.19
Grava	1386	2.58

**TABLA No.7**

MATERIALES	PROPORCION EN PESO.	PROPORCION UNITARIO.	VOLUMENES ABSOLUTOS	PROPORCION EN VOL.	LTS. ABS.	PROP. $\text{kg/m}^3$
Cemento	50	1	33	1	16	370
Agua	26	0.52	26	0.79	26	193
Arena	89	1.79	73	2.21	41	659
Grava	134	2.69	197	2.94	52	993
<b>TOTAL</b>					<b>135</b>	<b>2215</b>

Debido a que con el proporcionamiento para un concreto de  $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , se obtenía un revenimiento de 8 a 10 cms., ocasionando que no fluyera el concreto por el armado tan cerrado al momento de ser vaciado. Por lo tanto se optó por aumentar el revenimiento a 12 cms., mediante el incremento en la proporción de cemento - agua, y la disminución en los agregados granulares, con lo cual se aumentó la resistencia del concreto a  $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ , obteniendose el siguiente proporcionamiento: (Como se muestra en la tabla No.8)

**TABLA No.8**

MATERIALES	PROPORCION EN PESO.	PROPORCION UNITARIO	VOLUMENES ABSOLUTOS	PROPORCION EN VOL.	LTS. ABS.	PROP. kg/m3
Cemento	50	1	33	1	16	406
Agua	25	0.50	25	0.75	25	203
Arena	78	1.57	64	1.94	36	634
Grava	118	2.36	85	2.58	46	959
<b>TOTAL</b>					123	2202

### 6.2.3. Fabricación del concreto hecho en obra.

Para que el concreto haya cumplido con las especificaciones requeridas por TELMEX fué necesario cuidar la calidad de sus ingredientes, vigilar su manejo y proporcionamiento, llevando acabo los siguientes puntos:

1. Para dosificarlo, se requirió hacer depósitos de medición que por facilidad en la obra se utilizaran botes alcohólicos, por ser éstos fáciles de cargar y porque el volumen de dos botes equivalen al de un saco de cemento, pero debido a que están contruidos con lámina delgada pierden su forma reduciendo su volumen y por consecuencia se alteran las proporciones originales.

El laboratorio recomendó construir artesas con las proporciones deseadas o usar botes indeformables (bote de plástico de sección circular de 19 lts.), siendo ésta la solución más adecuada.

Se observó que el tiempo mínimo de mezclado fuera mayor a un minuto, ya que la resistencia del concreto aumenta conforme se incrementa el tiempo de mezclado en la revolvedora. Por otra parte se realizó una constante supervisión al momento de agregar agua a la mezcla.

2. Se recomendó se tuvieran patios de almacenamiento limpios, colocando firmes sobre los cuales se almacenarían los agregados, a fin de evitar la contaminación con polvo y materia vegetal, lo cual no fue logrado plenamente, debido a que el movimiento en la obra no lo permitía.
3. Se almacenaron los pétreos por capas para evitar por segregación que se producen en las pilas de grava y arena al rodar el material más grueso de la misma.
4. Se extrajeron los materiales desde abajo para evitar acumulación de finos: cuando no se hace así el polvo va bajando y concentrándose al fondo y al centro.

#### 6.2.4. Verificación de la calidad del concreto

- a) Recepción: Para verificar el concreto premezclado se revisó en la nota de remisión: tipo, resistencia, edad a la que alcanzará la resistencia, tamaño máximo del agregado, revenimiento, tiempo de salida de la planta y llegada a la obra y si contenía algún aditivo. En algunos casos no se contaba con la llegada a tiempo de los camiones revoladora y la tolerancia en el revenimiento que por especificación se pedía se rebasaba, por lo que se procedía a regresar la unidad.
- b) Temperatura del concreto: Se verificó la temperatura del concreto se mantuviera dentro del rango de 12 a 32 grados centígrados.
- c) Mezclado previo: Cuando se utilizaron unidades tipo revoladora para transportar el concreto, se giró la olla 3 minutos a velocidad de mezclado y para cuando el vaciado se hizo en artesana, previamente se limpió el lugar.
- d) Muestras: Se tomaron tres muestras en el periodo comprendido entre la descarga del 15% y la del 85% del volumen total del concreto. Las muestras fueron tomadas por cada 70 m<sup>3</sup> de concreto.
- e) Equipo para control de calidad utilizado en obra:
  - Carretilla concreteira
  - Charola metálica para contener 25 lts. aproximadamente

- Cucharón metálico tipo rectangular con capacidad de 1.5 lts para tomar las muestras. - Cono de revenimientos con forma troncocónica de 20 cms. de diámetro en la base inferior, 10 cms. en la base superior y 30 cms. de altura .

- Varilla de acero lisa para compactar, de forma redonda de 5/8" de diámetro con sus extremos redondos.

- Placa metálica plana y cuadrada de 45 cms. por lado para apoyar el cono de revenimientos.

- Regla metálica para enrasar.

- Moldes metálicos para cilindros de 15 cms. de diámetro y 30 cms. de altura.

f) Proceso para muestreo del concreto.

- Las muestras se tomaron de concreto fresco proveniente de camiones revolventoras ó de los trompos.

- Las muestras se mantuvieron en lugares frescos sin exponerse a la luz solar, para que posteriormente se trasladaran al laboratorio.

- En cada muestra se anotó la fecha y ubicación.

g) Obtención del revenimiento.

- El cono de revenimiento se llenó en tres capas de igual volumen.

Cada capa se compactó con 25 golpes con la varilla, introduciendola en el concreto.

- Posteriormente se enrasó con la misma varilla, verificando que no haya quedado abajo del borde

- Finalmente se levantó el cono lentamente, colocandolo a un lado y sobre su base superior se soporta la varilla, midiendo la distancia entre ésta y la porción central de la masa de concreto. El revenimiento que por especificación de TELMEX se obtuvo fue de 12 cms con +\_ 3.5 cms. de tolerancia.

h) Moldeo de cilindros.

- Se lleno en tres capas iguales y se compactó por 25 golpes con la varilla.

- Se enrasó con la regla metálica.

- Se colocaron las marcas de fecha y ubicación.

- Finalmente, para su curado se colocaron en un bote de plástico con agua, para posteriormente trasladarlos a una bodega a temperatura ambiente.

i) Corazones de concreto.

- Se extrajeron corazones en dos ocasiones por la duda en la resistencia de tres columnas de planta baja (columna A2, B6 y C3), y de la losa de primer nivel de los ejes 7A al 11 entre B y C

- Por cada columna se obtuvieron dos muestras de aproximadamente 10 cms. de diámetro y una longitud aproximada de 20 cms., y para el caso de la losa se obtuvieron tres muestras de las mismas dimensiones.

- Se llevaron al laboratorio, donde se prepararon de manera que quedaran perpendiculares al eje del cilindro planas y lisas, con azufre fundido, lo que se conoce como "cabeceo", para posteriormente tronarse.

- En dichas pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

Elemento	Ubicación	Resistencia
Columna	A2	265 Kg /cm <sup>2</sup>
Columna	B6	256 Kg /cm <sup>2</sup>
Columna	C3	248 Kg /cm <sup>2</sup>
Losa	7A al 11 entre B y C.	260 Kg /cm <sup>2</sup>

- Según la norma N.O.M. C-191 se acepta la resistencia si es mayor al 80% de la de diseño.

#### 6.2.5. Control del Transporte y colocación del concreto.

Para tener un mejor control de calidad en el concreto evitando la pérdida de agua y segregación se tuvo que emplear un tiempo mínimo en el transporte de aproximadamente 120 minutos de la planta premezcladora a la obra, para lo cual se exigió al transportista el registro de la hora de salida de la planta.

Dependiendo de la colocación final del concreto se colocó de la siguiente manera: Se emplearon camiones revolvedora de 7.5 m<sup>3</sup> de tipo giratorio para planta baja, primero y segundo nivel; revolvedoras portátiles (trompos) de un saco y vogueis impulsados por malacate, para lo cual se tuvo que emplear

gente de obra para el acarreo del concreto en columnas del tercero y cuarto nivel; por último, para el vaciado del concreto en losas de tercero y cuarto nivel, se utilizó el sistema de camiones revoladora y bomba con pluma que alcanzaba tiros de hasta 25 mts.

\* Tipos de transporte utilizados en obra.

- Canales: Se emplearon canales hechos en obra con una longitud de 7 mts. para la cimentación, fosa de cables y planta baja, para lo cual se construyeron artesas en áreas de fácil acceso, extremando una limpieza cuidadosa cuando setransportaba el concreto. Se observó que no hubiera contaminación con materia vegetal ni residuos anteriores.

- Botes de mano: Se utilizaron dos tipos de bote, los alcoholeros y los de pintura de 19 lts., los que fueron acarreados a hombro por los trabajadores.

- Voguies ó carros concreteros: el empleado fue en forma de carretilla con capacidad de 50 lts. Evitando el derrame, e izado por medio de malacate y pluma.

- Malacates: Se empleo dos tipos de malacate, el movido por energía eléctrica y el movido por gasolina.

- Camiones revoladora: Debido a la capacidad que tienen para transportar concreto, son muy usuales y eficientes para transportar grandes distancias.

En la obra se trabajaron con diferentes concreteras, entre ellas figuraban: Apasco, Preconcreto y Lacosa. Las cuales manejaban unidades entre 7 m<sup>3</sup> y 9 m<sup>3</sup>.

- Bombas y plumas: Actualmente la mayoría de las bombas son de tipo pistón teniendo doble émbolo para darcontinuidad al movimiento del concreto. El alcance vertical necesario en obra fue de 25 mts., y horizontal de 250 mts. Este tipo de bombeo, se utilizó en contadas ocasiones debido al alto costo que implica el proceso.

- Colocación del concreto. Su colocación generalmente fué directa, es decir, se realizó del camión revoladora al sitio de colado ó a artesas procediendose a su distribución con el auxilio de palas, botes y carretillas. Para el caso de los dos primeros entrespisos se realizó el acarreo por medio de botes, subidos en andamios, y posteriormente voguies sujetos por plumas e impulsados por malacate, y su acomodo por medio de vibradores de gasolina y eléctricos con chicotes de 3.5 mts.

y cabezales de 2" y 4", siendo más eficiente para este caso el eléctrico por su fácil manejo donde el espacio fué un factor importante.

Fue adecuado el vibrado del concreto, ya que le permitió expulsar el aire atrapado y acomodarse al molde, a la vez que alcanza su peso volumétrico máximo, lo que propicia una continuidad en la transmisión de esfuerzos. Se tuvo cuidado en el vaciado a alturas mayores de 2 mts., y en el exceso en el vibrado que provocaría una segregación en el concreto, principalmente en columnas.

Para compactar se tuvo que introducir el cabezal verticalmente por lo cerrado del armado, siendo elementos importantes, la trabajabilidad del concreto (aumento en aditivo fluidificante), la efectividad del vibrador y la destreza del trabajador especializado, pero normalmente se debe vibrar durante un periodo de 10 segundos, aunque ópticamente se puede determinar si el concreto ha logrado una compactación adecuada observando cuando el agregado grueso comienza a desaparecer de la superficie hasta quedar un aspecto relativamente liso y ligeramente brillante.

Además en trabes y en losas se pudo introducir el vibrador aproximadamente a cada 40 cms. con la finalidad de evitar vibrar siempre en el mismo lugar. Además de evitar que el cabezal del chicote tocara las parrillas del armado.

#### **6.2.6. Aditivos para el concreto.**

Entendiéndose este concepto como el control en la operación de añadir a una porción de concreto un producto químico con el propósito de modificar de alguna forma las propiedades del concreto fresco ó endurecido.

Siempre que el proyecto lo exigió y TELMEX aceptó el uso de algún aditivo, se tuvo que efectuar varias mezclas de prueba para poder verificar que las proporciones indicadas por el fabricante produjeran las modificaciones requeridas en las propiedades del concreto, siempre de la supervisión y responsabilidad del laboratorio (AURICA).

Se encontraron en el mercado varias presentaciones de aditivos para el concreto: entre ellos podemos mencionar aquellos en polvo ó líquido, solubles o insolubles en agua. Si el aditivo era en polvo se mezclaba en una porción de cemento y se mezclaba perfectamente. En caso de que el aditivo produjese grumos en el cemento se mezcló con arena. Los aditivos en líquido que eran insolubles se le añadió en agua.

Los aditivos más empleados en obra fueron:

- Para aumentar la trabajabilidad del concreto con igual cantidad de agua.
- Lograr mayor resistencia a corto tiempo.
- Aumentar la resistencia de diseño.
- Retardar ó acelerar el fraguado.
- Generar una capacidad de expansión que facilite el relleno con mortero entre dos superficies.

#### **6.2.7. Curado del concreto.**

El objetivo de un curado es evitar que durante las horas siguientes a la fabricación y colocación del concreto pierda agua por evaporación, ya que ésta se restará de la necesaria para la dilatación del cemento, además de que ayuda a controlar su temperatura.

Se deberá iniciar el curado después de que desaparesca el lustre acuoso en la superficie horizontal, lo que sucede entre dos y cuatro horas después de colado. En superficies verticales se hará después del diciembre. Los elementos que requirieron mayor vigilancia fueron los de sección delgada, como las losas y muros de rigidez.

En obra se usó una membrana de curado para concreto fresco de color rojo fugaz soluble en disolvente. El color desaparece unas horas después de haberse aplicado, facilitando al trabajador reconocer las áreas cubiertas.



c) Se certificó la calidad de los soldadores empleados en la fabricación, solicitándoles previamente documentos que avalaran sus conocimientos, y verificando directamente su capacidad mediante un exámen en campo.

### 6.3.2. Fabricación hecha en obra.

a. -El enderessado y forjado del material se realizó en frío.

b. -Los cortes del material se hicieron con soplete, perodejando el material con un acabado liso y sin rebabas.

c. -Los agujero hechos en placa se realizaron de menor diámetro con soplete y posteriormente se limó.

d. -Las juntas a soldar estuvieron antes de soldarlas, libre de escorias, moho, pintura, tierra, aceite y óxidos, para lo cual se utilizó esmeriladora de motor eléctrico y cepillo de alambre.

c. - El laboratorio determinó si el equipo era el apropiado y en condiciones aceptables para hacer el trabajo.

En obra se realizó por el proceso de arco eléctrico, que puede obtenerse por el uso de una corriente directa através de una resistencia para limitar y reducir el valor de voltaje y corriente. La máquina de soldadura es esencialmente un generador de corriente continua con control de corriente.

En el proceso de arco metálico, un cable eléctrico pasa del generador a la varilla de soldadura que está sujeta por el soldador. La corriente pasa de la varilla através del metal que se va a soldar y de allí a través de un cable que conecta la pieza con el generador. El soldador hace contacto entre la varilla de soldadura y la pieza, lo que ocasiona un flujo de corriente.

## 7. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

De este estudio, se puede concluir que en este tipo de reestructuraciones se trabajan con una gran complejidad por los espacios reducidos, ruido, polvo y movimiento de materiales, así como el requerimiento de dobles turnos lo cual provoca malestar e incomodidad, tanto para los abonados como para el personal de la misma central y vecinos colindantes. Esto ocasiona que el programa de obra se alargue, y con ello haya un incremento en el costo de mano de obra y materiales.

Respecto a lo especificado por Telmex referente a los procedimientos constructivos llevados al cabo en la obra, muchos no se pudieron llevar en forma correcta, debido al corto tiempo para el termino de esta lo que repercute aceleradamente los trabajos ejecutados.

Este tipo de obras, requiere una mayor atención por parte de las personas encargadas de la obra, en especial la del residente, siendo su desempeño de vital importancia en el cuidado del control de calidad interno, supervisando la correcta ejecución de los trabajos, como también teniendo una especial atención sobre la calidad de los materiales recibidos, y por último una correcta administración de la obra.

Técnicamente se requieren los conocimientos ingenieriles y/o arquitectónicos que permitan la visualización, interpretación, control, decisión y manejo, que con la experiencia y una adecuada capacitación, permiten dar una mejor dirección y supervisión de obra, cumpliendo con las especificaciones, normas y reglamentos que se dictaron así como la máxima calidad, concluyendo con un trabajo de óptimo funcionamiento, seguridad y sobretodo confianza de lo que se ejecutó, estuvo bien.

En cuanto a las características personales de un residente, debe ser líder de un grupo que tenga la capacidad de entender y darse a entender, analizar, valorar y concientizar al trabajador, de una buena ejecución de la obra en base a sus conocimientos, proporcionandole informes fidedignos y reales de lo

que en la obra sucede. Asimismo, poder participar con sus superiores en las necesidades, cambios o ajustes que deberán llevarse al cabo, derivados de una eficiente supervisión.

Administrativamente debe tener los conocimientos que da la ley de obras, especificaciones y procedimientos para su aplicación, observar una organización para el manejo de los volúmenes de obra, costos, estimaciones, presupuestos, precios unitarios, etc..

Finalmente, el residente debe tener capacidad de conciliación y entendimiento en todos los niveles, conocer perfectamente el avance, proceso y procedimientos para realizar cada una de las actividades de obra, como también tener carácter para afrontar las adversidades con las que se presenta en este tipo de obras.

## BIBLIOGRAFIA.

### LIBROS:

- Bresler, Boris, Lin, T.Y. y Scalzi, John B., Diseño de Estructuras de Acero, Edit. Limusa, México 1 D.F., 1970.
- Cormac, Marc, Diseño de Estructuras Metalicas, Edit. Lito Arte, Cuernavaca, Morelos, México, 1979.
- De Buen López de Heredia, Oscar, Estructuras de acero Comportamiento y Diseño. Edit. Limusa, México D.F., 1982.
- Gaylord, Edwin H., Diseño de Estructuras de Acero, Edit. C.E.C.S.A., México D.F., marzo 1983.
- Harris, Ernest, Williams, Clifford, Diseño de Estructuras Metalicas, Edit. Continental, México, D.F., septiembre 1970.
- Instituto Mexicano del Concreto, Control de Calidad del Concreto, México D.F., 1974.
- Marsal, Raúl y Mazari, Marcos, "Cimentación de Pilotes", El Subsuelo de la Ciudad de México, México, D.F., UNAM. Facultad de Ingeniería. 1959.
- Peok, Hanson "Ingeniería de Cimentaciones", México, D. F., Edit. Limusa, 1988.
- Schmitt, Henrich, "Elementos. Estructuras y Reglas Fundamentales de la Construcción", Tratado de Construcción, Barcelona: Edit. Gustavo Gili, S.A., 1978.

**APUNTES DE MATERIAS:**

- Curso de Edificación : Semestre 90-II, Facultad de Ingeniería, UNAM, Ing. Luis Armando Díaz Infante.

**PUBLICACIONES OFICIALES:**

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, México D.F., Edit. Porrúa, 1987.

**TESIS:**

- "Procedimiento Constructivo de Recimentación de la Central Telefónica Roma Torre" , Facultad de Ingeniería, UNAM, Lases Mina, Héctor, Sánchez Basurto, Gonzálo, México, D.F. , 1991.

- "Recimentación de las Centrales Telefónicas Asentadas en la Ciudad de México", Facultad de Ingeniería, UNAM, Díaz Alcantara, Alfredo, Sánchez Alonso, Joaquín, México, D.F., 1992.

**MANUALES:**

- Manual Covitur tomo I , "Características Geológicas y Geotécnicas del Valle de México", México, D.F., 1986.

**REVISTAS:**

- Voces "Programa de Calidad y Productividad" , Pérez Simón, Juan Antonio, TELMEX, México, D.F. mayo de 1993, pags. 14-19.

- Voces "Reto Sísmico", TELMEX, México, D.F., 1986.