



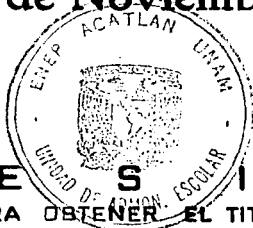
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

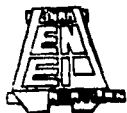
"ACATLAN"

FALLA DE ORIGEN

Procedimiento de
Construcción del Refuerzo
Exterior del Hospital
20 de Noviembre



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL
P R E S E N T A
Pedro Martínez Vázquez



México, D. F.

1995



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.

D E D I C A T O R I A

Este trabajo está dedicado con todo mi cariño para los seres que me dieron vida y que hasta hoy me han dado todo de sí. Juntos hemos llegado a estos gratos momentos que debemos disfrutar y compartir.

A mis hermanos y seres queridos que han estado dentro - de mi vida, doy gracias por todo.

Con todo mi cariño.

Pedro.

AGOSTO 1995.

CONTENIDO

CAPITULO UNO

1.1 ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA	1
1.2 CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL	2
1.3 CONSIDERACIONES PARA EL ANALISIS SISMICO	4
1.3.1 Clasificación de la estructura por su ubicación.	4
1.3.2 Clasificación de la estructura por su uso.	4
1.3.3 Elección del factor de comportamiento sísmico para el análisis bajo condiciones originales de estructuración.	5
1.3.4 Elección del factor de comportamiento sísmico para el análisis de la estructura reforzada.	5
1.4 TIPOS DE ANALISIS ESTRUCTURAL	6
1.4.1 Elección del método de análisis a emplear.	6
1.4.2 Generalidades del método de análisis estático.	6
1.4.3 Generalidades del método de análisis dinámico modal.	8

1.5 JUSTIFICACION DEL REFUERZO	10
1.5.1 Resultados del análisis bajo condiciones originales de estructuración.	10
1.5.1.1 Análisis en el sentido transversal (para obtener rigideces de entrepiso).	11
1.5.1.2 Análisis dinámico modal	13
a) Características de la estructura.	14
b) Resultados obtenidos del análisis.	14
b-1) Sentido transversal.	15
b-2) Sentido longitudinal.	16
1.5.2 Resultados obtenidos del análisis (dinámico modal) de la estructura reforzada	17

CAPITULO DOS

DESCRIPCION DEL REFUERZO

2.1 GENERALIDADES	21
2.2 DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS RESISTENTES DE REFUERZO	22
2.3 DESCRIPCION DE LAS CONEXIONES	32
2.3.1 Conexión armadura tridimensional-estructura de concreto	34
2.3.2 Conexiones entre elementos resistentes	34
2.4 CIMENTACION DEL REFUERZO	50

CAPITULO TRES

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

3.1 MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR	59
3.2 ESPECIFICACIONES GENERALES	63
3.3 ACTIVIDADES PREPARATORIAS	66
3.3.1 Cimentación.	66
3.3.2 Preparación de los elementos resistentes para hacer posible su conexión.	70
3.4 PROCEDIMIENTO DE MONTAJE	75
3.5 DETALLES Y CONEXIONES	78
3.5.1 Conexión, armadura-tridimensional estructura de concreto.	78
3.5.2 Conexión entre elementos resistentes de la armadura tridimensional.	80
3.5.3 Tapas en los recortes de los tubos.	81
3.5.4 Arandelas.	81
3.5.5 Superficie de contacto entre las conexiones del refuerzo y la estructura de concreto.	83
3.5.6 Tratamiento final con pintura.	84

CAPITULO CUATRO

Pag.

AJUSTES AL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD

4.1 TRABE METIDA HACIA EL PAÑO DE LA ESTRUCTURA	86
4.2 COLUMNAS INFERIORES DEFASADAS DE LAS SUPERIORES	88
4.3 TABLERO DE LOSA CON UN NIVEL INFERIOR AL NIVEL GENERAL	89
4.4 MUROS DE CONCRETO LIGADOS A COLUMNAS DE CONEXION CON REFUERZO	90
4.5 ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD	91
CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFIA	97

I N T R O D U C C I O N

Este trabajo pretende mostrar los aspectos generales y más relevantes del procedimiento de construcción seguido para la fabricación y montaje del refuerzo exterior del Hospital 20 de Noviembre, el cual consiste en una serie de armaduras tridimensionales instaladas en las fachadas de éste edificio.

La estructura del texto consiste en términos generales en lo siguiente:

1. Descripción del inmueble.
2. Planteamiento de los criterios adoptados para el análisis del edificio y justificación del refuerzo.
3. Descripción del refuerzo metálico tridimensional.
4. Procedimiento constructivo.

La razón por la que se llevó a cabo ésta obra está en que habiéndose revisado el edificio en un análisis estructural, se encontró que no era lo suficientemente rígida como para garantizar su propia estabilidad, ante la ocurrencia de movimientos sísmicos futuros, de acuerdo a lo que marca RCDF 1987.

El inmueble no presenta daños visibles de sismos pasados, por lo que dentro del proyecto de refuerzo no se consideró la restauración de lo existente.

Se aprovechó ésta oportunidad para realizar una remodelación total del hospital, mediante un proyecto integral de arquitectura, instalaciones y jardinería que dé una imagen totalmente nueva.

CAPITULO I

1.1. ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA

El edificio está ubicado en la esquina que forman las calles de Félix Cuevas y Av. Coyoacán, en la colonia Del Valle de la ciudad de México (fig. 1.1), y desde el término de su construcción ha sido destinado a prestar servicios hospitalarios.

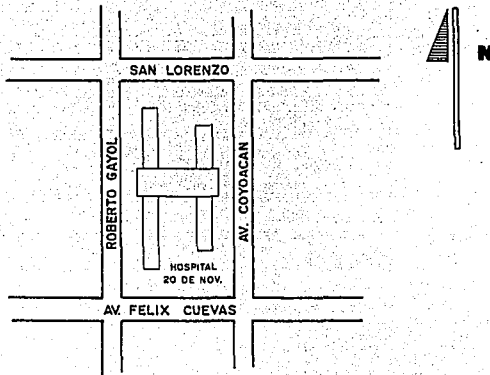


FIG. 1.1

Los trabajos correspondientes a la construcción concluyeron hace aproximadamente 54 años, en 1940, y por las características del proyecto en cuanto a la magnitud de recursos a emplear, fue considerada entonces una obra de gran importancia.

1.2. CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL

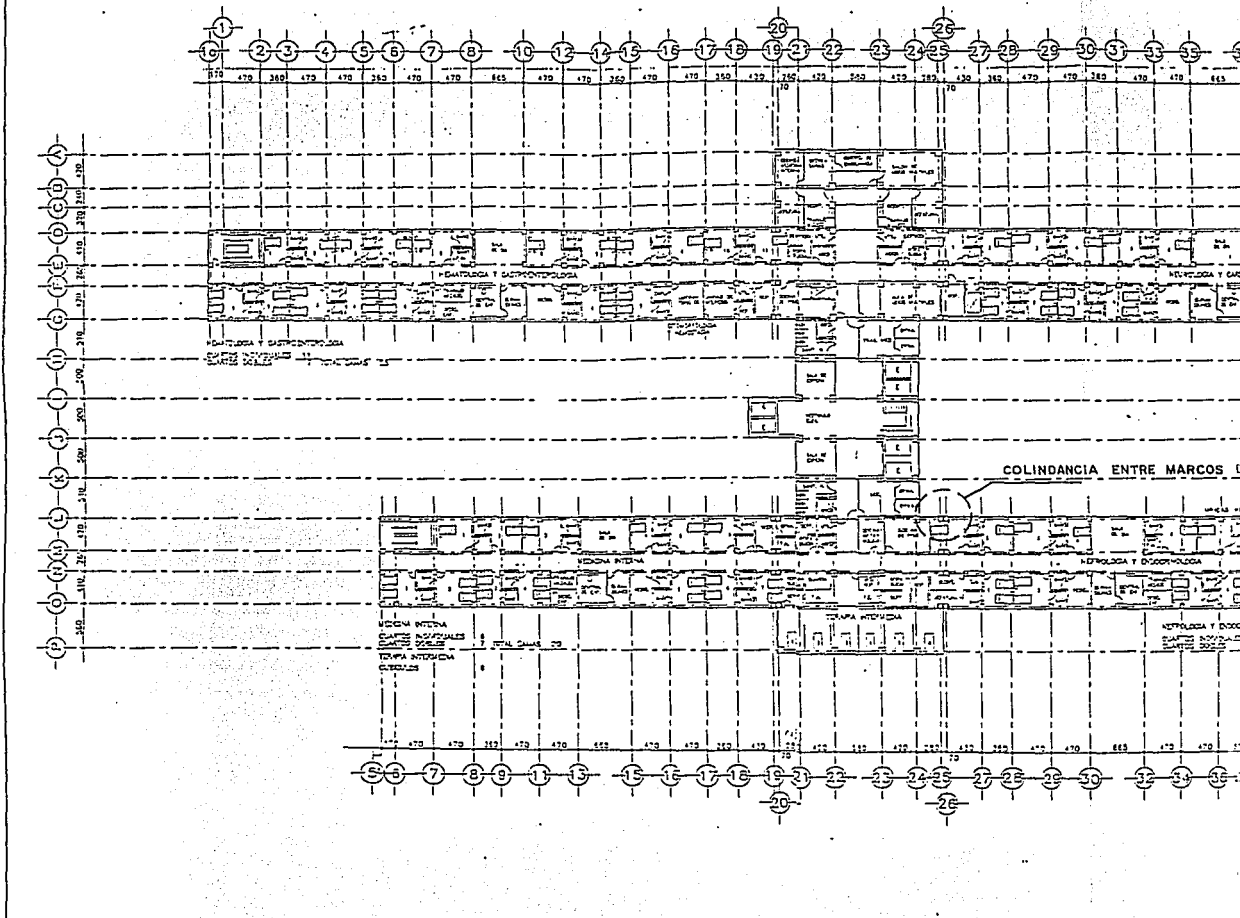
El edificio consta de ocho niveles con una altura de entrepiso promedio de 3 mts, lo que hace una altura total de 24 mts.

La estructuración que se presenta es a base de marcos rígidos formados por columnas y traveses con losas perimetralmente apoyadas en cada entrepiso; las columnas son de sección variable de 60X60 cm en los niveles inferiores y 40X40 en los superiores, las traveses tienen una sección de 20X50 de forma general y las losas son de 10 cm de espesor, todos estos elementos son de concreto armado cuya resistencia se ubicó en 250 Kg/cm² a la compresión, valor que se determinó mediante el ensayo en laboratorio de varias muestras obtenidas (corazones).

La separación entre columnas es en promedio de 4.7 mts. y existen juntas constructivas entre los cuerpos que se intersectan, como se aprecia en la figura 1.2; es claro como cada uno de estos cuerpos trabaja de manera independiente ante la acción de cualquier tipo de carga.

La división de las diferentes habitaciones de que consta el inmueble la hacen muros de mampostería que no están ligados a la estructura; en otros casos hay muros de concreto armado que son de fabricación más reciente y que sí están ligados a los marcos rígidos.

La forma y características de la cimentación no se conoce con exactitud ya que no hay planos estructurales de este edificio, sin embargo al realizar calas en varios sitios se encontró que hay un cajón de cimentación desplantado a 2.5 mts., de profundidad, y tomando en cuenta que los estudios de mecánica de suelos muestran que existe una capa resistente a 20 mts de profundidad, se formuló la teoría de que este cajón está complementado por pilotes de aproximadamente 17.5 mts, cuyo trabajo estructural se realiza por punta.



COLINDANCIA ENTRE MARCOS D

MUSEO INTERNA
LABORATORIO Y MUSEO
LABORATORIO Y MUSEO

LABORATORIO Y MUSEO

LABORATORIO Y MUSEO

LABORATORIO Y MUSEO

METROLOGIA Y QUIMICA

METROLOGIA Y MECANICA

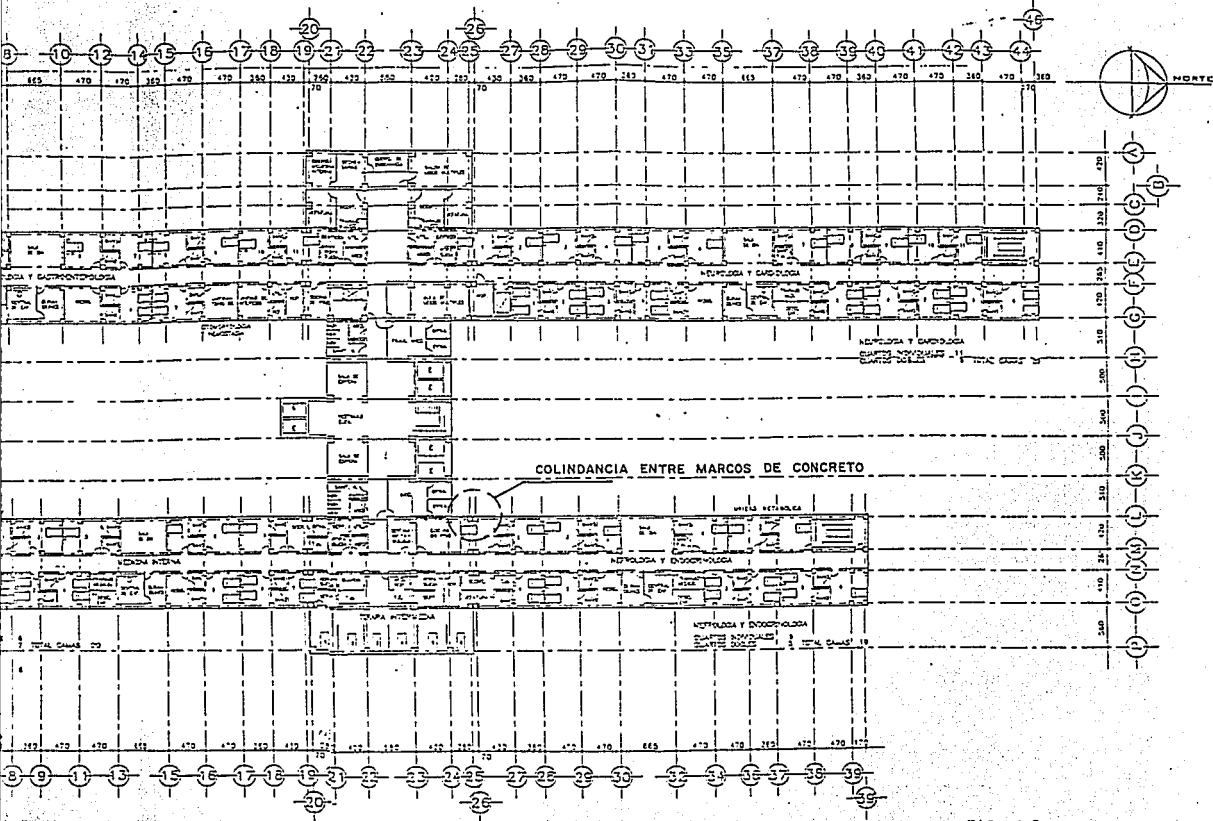


FIG. 1.2.

FALLA DE ORIGEN

1.3. CONSIDERACIONES PARA EL ANALISIS SISMICO

1.3.1.

Clasificación de la Estructura Por su Ubicación

Según la zonificación establecida por el R.C.D.F.* el predio en cuestión se ubica dentro de la zona de transición.

Las características estratigráficas del lugar, que se obtuvieron del estudio de mecánica de suelos, son las siguientes:

- a) Se tiene una capa superficial de limo de aproximadamente tres metros de espesor.
- b) Existe una capa de material limo-arenoso por debajo del estrato de limo, que termina a veinte metros de profundidad aproximadamente; en este estrato se presentan intercalados pequeños lentes de arcilla de sesenta centímetros de espesor en promedio.
- c) El lugar se encuentra muy cercano de la frontera entre la zona de transición y la zona de lomas, por lo que se ubica en una zona de transición baja.

De acuerdo a lo anterior y conforme se establece en el artículo 219 del R.C.D.F. de 1987, la estructura se ubica en la llamada Zona II de la zonificación sísmica del D.F.

1.3.2.

Clasificación de la Estructura Por su Uso

El uso que se da al hospital, implica una gran aglomeración de personas de forma permanente, esta situación implicaría en el caso de que la estructura fallara estructuralmente, la pérdida de un número elevado de vidas. Por otro lado el funcionamiento del centro hospitalario es de vital importancia durante una situación de emergencia.

De acuerdo a lo que se establece en el artículo 172 del Reglamento de Construcción, y conforme lo descrito en el párrafo anterior, la estructura se clasifica como tipo A.

1.3.3.

ELECCION DEL FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO (Q), PARA EL ANALISIS BAJO CONDICIONES ORIGINALES DE ESTRUCTURACION *

Se adopta el valor de $Q=2$, ya que la resistencia a las fuerzas laterales es suministrada por marcos de concreto reforzado, con una mínima contribución de los muros de concreto que se encuentran distribuidos aleatoriamente.

Lo anterior responde a lo especificado en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo, donde se establece lo siguiente:

" III. Se usará $Q=2$ cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero o de concreto reforzado, contraventados o no, o muros o columnas de concreto reforzado, que no cumplen en algún entrepiso lo especificado por los casos I y II de esta sección..."

1.3.4.

ELECCION DEL FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO PARA EL ANALISIS DE LA ESTRUCTURA REFORZADA

Se adopta un valor de $Q=3$, ya que con el refuerzo los marcos rígidos de concreto reforzado, junto con los muros de concreto, son capaces de resistir por lo menos el 80 por ciento de las fuerzas laterales totales que actúan sobre la estructura.

1.4. TIPOS DE ANALISIS ESTRUCTURAL

1.4.1.

Elección del Método a Emplear

La estructura será analizada bajo las dos condiciones de rigidez: considerando sólo la estructuración original, y considerando también el refuerzo; Para esto se recurrió al método de análisis estático y al método dinámico modal.

1.4.2.

Generalidades del Método de Análisis Estático

Las fuerzas equivalentes consideradas en el análisis estático, no tienen relación directa con el comportamiento de la estructura ante un sismo. El objeto que se persigue es el de obtener una estructura con determinada resistencia lateral, capaz de soportar un movimiento sísmico sin sufrir daños estructurales importantes; Es un diseño conservador para edificios sin cambios bruscos en la distribución de masas, rigideces, etc.

El método estático nos da una distribución adecuada de cortantes en el caso de estructuras en que la contribución del modo fundamental de vibración representa un porcentaje elevado de respuesta máximo de todos los pisos.

Para el cálculo de las fuerzas cortantes de diseño a diferentes niveles del edificio, se supone una fuerza horizontal que actúa en el punto de concentración de las masas de la estructura. Estas fuerzas se obtienen con la siguiente fórmula:

$$F_i = W_i (h_i) (c) (W_o) / \text{Sum} (W_i (h_i)) O$$

Donde: F_i = Fza. que actúa en el entrepiso
 W_i = Peso entrepiso
 h_i = Altura del entrepiso (medida desde la base)
 c = Coeficiente sísmico
 W_o = Suma de los pesos de los entrepisos
Sum = Sumatoria

En la figura 1.3, se ilustra esquemáticamente la distribución de fuerzas en los entrepisos.

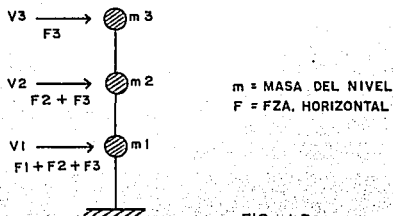


FIG. 1.3.

La fuerza cortante en cada entrepiso, es el acumulativo de las fuerzas en los niveles, encontrándose el máximo valor de cortante en la base de la estructura.

Para obtener los desplazamientos que presentan los entrepisos, por la aplicación de las fuerzas horizontales, se utiliza la fórmula:

$$D = F/k \quad \text{donde:}$$

- D= Desplazamiento
- F= Fuerza aplicada en el entrepiso
- k= Rigidez del entrepiso

Para obtener el desplazamiento total de la estructura, se suman los desplazamientos parciales de los entrepisos, obteniéndose un diagrama como el que se ilustra en la fig. 1.4

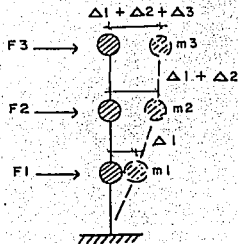


FIG. 1.4.

Para llevar a cabo la reducción de las fuerzas cortantes, éstas se dividen entre el factor de comportamiento sísmico (Q) que se haya elegido, de acuerdo a las normas utilizadas, obteniéndose así las fuerzas de diseño.

El RCDF 1987 permite una reducción adicional de las fuerzas cortantes calculadas, lo cual depende de como se sitúe el periodo de la estructura estudiada en el espectro de diseño correspondiente y de las condiciones de regularidad de la estructura.

1.4.3.

Generalidades del Método de Análisis Dinámico Modal

Una estructura de varios niveles se puede idealizar como un conjunto de masas ligadas entre sí por columnas representadas por su rigidez y cuya masa es despreciable.

El número de grados de libertad de la estructura es el número de datos que es necesario fijar para definir una configuración cualquiera del sistema. Cada masa tiene tres grados de libertad, que corresponden a dos desplazamientos lineales en las direcciones X-X, Y-Y y un posible desplazamiento angular alrededor del eje Z. Al despreciar las deformaciones axiales en las columnas y los giros por torsión, el número de grados de libertad se reduce a un desplazamiento lineal por cada una de las masas.

Lo anterior se ilustra en la fig. 1.5

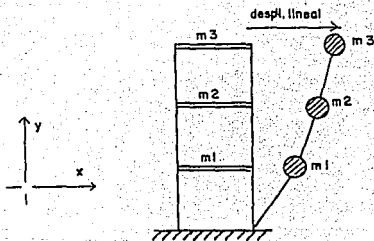


FIG 1.5

Es fundamental para este tipo de análisis, conocer en principio los modos de vibrar de la estructura ante la acción de cargas laterales por efectos de sismo; Cada concentración de masa tiene un comportamiento propio, que es lo que determina la forma del modo en conjunto.

Para el análisis dinámico se van a considerar los tres primeros modos o en su defecto todos aquellos cuyo periodo sea mayor o igual a 0.4 seg. tal como lo establecen las N.T.C.

Las respuestas modales (Estas pueden ser fuerzas cortantes, desplazamientos laterales, momentos de volteo, etc.), se combinarán para calcular las respuestas totales de la estructura. Lo cual permite una situación crítica ideal para respaldar situaciones extraordinarias no previstas.

Lo anterior siempre que los periodos de los modos naturales en cuestión difieran al menos un 10 % entre sí.

Las respuestas totales de la estructura, identifican un comportamiento determinado ante un movimiento sísmico, con lo cual se evaluarán las condiciones de operación y seguridad del edificio sin refuerzo y con refuerzo.

1.5. JUSTIFICACION DEL REFUERZO

1.5.1.

Resultados del Análisis Bajo Condiciones Originales de Estructuración

La distribución de los marcos rígidos que presenta la estructuración original, revela una disposición evidente de aislamiento de los cuerpos de que consta el edificio. Lo anterior se observa en las fachadas que dan hacia los lados oriente y poniente de la ciudad donde los marcos que van en el sentido longitudinal, no corren de lado a lado de la fachada, sino que terminan al encontrar el cuerpo central que está perpendicular a esta (Cuerpo A, fig. 1.6) ; Se habla entonces de los cuerpos A, B y C

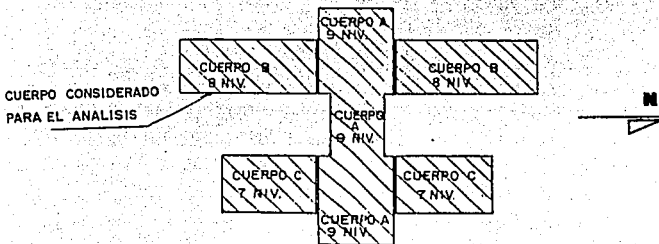


FIG. 1.6.

Lo anterior quiere decir no existe forma de que el cuerpo central contribuya de modo alguno en la rigidez del conjunto de los edificios al momento del movimiento sísmico, por lo que las alas extremas se ven en condiciones diferentes en este sentido.

Con el objeto de observar el comportamiento del edificio bajo condiciones originales de estructuración, se llevaron a cabo el análisis sísmico estático, y el análisis dinámico modal en dos sentidos de acción de fuerzas sísmicas ortogonales entre sí, como lo establece el R.C.D.F. 1987.

Para generar el modelo a estudiar se hicieron algunas consideraciones importantes acerca de la estructura, por ejemplo, no se tomaron en cuenta los huecos existentes de los elevadores, ya que representan un porcentaje de área mínimo en comparación con la superficie total construida; Por otro lado las escaleras se integraron como parte de los sistemas de piso en forma de losa, los pretilos y muros se representaron como una carga uniforme sobre el área de los entrepisos correspondientes.

A fin de obtener las rigideces de los entrepisos de los marcos que forman el cuerpo a estudiar, se recurrió a la utilización del programa de análisis estructural M-Strudl, con el cual se obtuvieron los desplazamientos que se presentan en la estructura ante la acción de determinados parámetros de fuerza.

La determinación de dichas fuerzas se hizo mediante un análisis estático previo, en el cual los valores obtenidos están en función del peso de los entrepisos y de la geometría de la estructura.

El programa M-Strudl, debe ser alimentado con cierta información acerca del modelo estudiado, que para este caso es la siguiente:

1.5.1.1.

Análisis en el sentido transversal (PARA OBTENER RIGIDECES DE ENTREPISO)

Información Requerida

Tipo de estructura
 Unidades de peso y medida
 Coord. de los nodos
 Tipo de Material
 Secciones de los elementos y momentos de inercia

Incidencia de miembros

Información Alimentada

Marco Plano
 Ton-metro, metros
 No. nodo, coord x, coord y
 Concreto ($E=1581139 \text{ ton/m}^2$)
 Col. P.B. $A=0.36$, $I_z=0.0108$
 Col. N-2 $A=0.30$, $I_z=0.0076$
 Col. N-4 $A=0.25$, $I_z=0.0052$
 Col. N-6 $A=0.16$, $I_z=0.0021$
 Trabe $A=0.10$, $I_z=0.0021$
 Se refiere a la disposición de los elementos en la estructura.

Con todo lo anterior y con la indicación de cuáles son los puntos donde se aplican las cargas obtenidas del análisis estático y la magnitud y dirección de estas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Nivel	Desplazamiento (mts)	Rigidez (ton/m)	Fuerza (ton)
8	0.347	976	339
7	0.322	1531	493
6	0.287	2097	602
5	0.251	2163	543
4	0.205	2386	489
3	0.155	2454	380
2	0.101	2186	221
1	0.036	4081	147
0	0.000		

Las características del modelo son básicamente las mismas para ambos sentidos de análisis, pero para el sentido longitudinal, son diferentes algunos datos:

No. de elementos definidos	248
No. de nodos	144
Incidencia de miembros	La disposición de elementos es diferente.

Con todo lo anterior y con la indicación de cuáles son los puntos donde se aplican las cargas obtenidas del análisis estático y la magnitud y dirección de estas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Nivel	Desplazamiento (mts)	Rigidez (ton/m)	Fuerza (ton)
8	0.347	976	339
7	0.322	1531	493
6	0.287	2097	602
5	0.251	2163	543
4	0.205	2386	489
3	0.155	2454	380
2	0.101	2186	221
1	0.036	4081	147
0	0.000		

Las características del modelo son básicamente las mismas para ambos sentidos de análisis, pero para el sentido longitudinal, son diferentes algunos datos:

No. de elementos definidos	248
No. de nodos	144
Incidencia de miembros	La disposición de elementos es diferente.

Los resultados que se obtuvieron en este caso son los que a continuación se presentan:

Nivel	Desplazamiento (mts)	Rigidez (ton/m)	Fuerza (ton)
8	0.227	6100	1385
7	0.211	9322	1967
6	0.188	13635	2563
5	0.165	14000	2310
4	0.137	15484	2121
3	0.106	15223	1613
2	0.071	12977	921
1	0.027	21867	590
0	0.000		

1.5.1.2. ANALISIS DINAMICO MODAL

Se optó por realizar un análisis dinámico del edificio en virtud de que esto implica una observación bien detallada del modelo estudiado, y se obtienen elementos mecánicos y desplazamientos reales.

El análisis dinámico modal, se realizó conforme al R.C.D.F. y sus Normas Técnicas Complementarias, a través de un programa al que se alimentó con la siguiente información:

a)

Características de la Estructura

Nivel	Altura (mts)	Peso (ton)
1	4.00	964.8
2	4.00	968.0
3	3.30	947.2
4	3.30	923.5
5	3.30	904.2
6	3.30	926.6
7	3.30	977.4
8	3.85	706.6

Número de marcos

- a) sentido transversal 4
- b) sentido longitudinal 16

Número de pisos 8

Altura total 28.35 m.

Coef. sísmico 0.48

Mod. de elasticidad 1581139 t/m²

Fac. de comp. sísmico 2

Localización del terreno Zona II

Dimensiones en planta 67.65 x 10.95

Centros de gravedad (33.5, 5.5) en prom.
de los entrepisos

Con la información anterior y las coordenadas de cada uno de los marcos se genera el modelo a estudiar.

b) Resultados Obtenidos del Análisis

b-1)

Sentido Transversal

Información acerca de los modos de vibrar de la estruct.

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Frecuencia natural angular	3.873	10.449	16.392
Periodo expresado en seg.	1.622	0.601	0.383
Coef. de participación	1.343	-0.545	0.321

Forma de los modos

Nivel	Modo 1	Modo 2	Modo 3
1	0.1024	-0.2213	0.3407
2	0.2893	-0.5631	0.6983
3	0.4449	-0.7142	0.5519
4	0.5880	-0.6723	0.0262
5	0.7220	-0.4265	-0.5728
6	0.8304	-0.0450	-0.7679
7	0.9310	0.4964	-0.2394
8	1.0000	1.0000	1.0000

Cortantes estáticos, dinámicos, rigideces y desplazamientos totales relativos a los entrepisos de la estructura.

Entrepiso	Cort-Est (ton)	Cort.Din (ton)	Rigidez (ton/m)	Despl-Total (mts)
0-1	2195.49	1756.39	65296	0.0430
1-2	2122.19	1711.64	34976	0.1213
2-3	1975.18	1592.55	38864	0.1861
3-4	1771.83	1424.35	38176	0.2454
4-5	1515.75	1215.74	34608	0.3008
5-6	1208.35	967.35	33552	0.3458
6-7	835.26	674.44	24496	0.3897
7-8	380.46	3.3.11	15616	0.4172

b) Resultados Obtenidos del Análisis

b-1)

Sentido Transversal

Información acerca de los modos de vibrar de la estruct.

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Frecuencia natural angular	3.873	10.449	16.392
Periodo expresado en seg.	1.622	0.601	0.383
Coef. de participación	1.343	-0.545	0.321

Forma de los modos

Nivel	Modo 1	Modo 2	Modo 3
1	0.1024	-0.2213	0.3407
2	0.2893	-0.5631	0.6983
3	0.4449	-0.7142	0.5519
4	0.5880	-0.6723	0.0262
5	0.7220	-0.4265	-0.5728
6	0.8304	-0.0450	-0.7679
7	0.9310	0.4964	-0.2394
8	1.0000	1.0000	1.0000

Cortantes estáticos, dinámicos, rigideces y desplazamientos totales relativos a los entrepisos de la estructura.

Entrepiso	Cort-Est (ton)	Cort.Din (ton)	Rigidez (ton/m)	Despl-Total (mts)
0-1	2195.49	1756.39	65296	0.0430
1-2	2122.19	1711.64	34976	0.1213
2-3	1975.18	1592.55	38864	0.1861
3-4	1771.83	1424.35	38176	0.2454
4-5	1515.75	1215.74	34608	0.3008
5-6	1208.35	967.35	33552	0.3458
6-7	835.26	674.44	24496	0.3897
7-8	380.46	333.11	15616	0.4172

b2)

Sentido Longitudinal

Información acerca de los modos de vibrar de la estruct.

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Frecuencia natural angular	4.779	12.903	20.393
Periodo expresado en seg.	1.314	0.487	0.308
Coefficiente de Participación	1.341	-0.535	0.309

Forma de los Modos

Nivel	Modo 1	Modo 2	Modo 3
1	0.1188	-0.2448	0.3843
2	0.3137	-0.5747	0.7234
3	0.4684	-0.7026	0.5267
4	0.6037	-0.6460	-0.0081
5	0.7302	-0.4025	-0.5939
6	0.8320	-0.0393	-0.7780
7	0.9328	0.5085	-0.2277
8	1.0000	1.0000	1.0000

Cortantes estáticos, dinámicos, rigideces y desplazamientos totales relativos a los entrepisos de la estructura.

Entrepiso	Cort-Est (ton)	Cort-Din (ton)	Rigidez (ton/m)	Despl-Total (mts)
0-1	2195.49	1807.02	87468	0.0031
1-2	2122.19	1755.96	51908	0.0872
2-3	1975.12	1627.81	60892	0.1299
3-4	1771.83	1449.83	61936	0.1671
4-5	1515.75	1232.53	56000	0.2019
5-6	1208.35	976.93	54540	0.2299
6-7	835.26	678.76	37288	0.2579
7-8	380.46	312.21	24400	0.2768

1.5.2.

Resultados Obtenidos del Análisis de la Estructura Reforzada
(DINAMICO MODAL)

Para contribuir a la rigidez del edificio, se ligaron los marcos que establecían las colindancias entre los cuerpos A, B y C de la estructura, para que se realizara un trabajo conjunto.

El modelo de la estructura con el refuerzo, se generó en el programa SAP-86, en el cual es posible trabajar en tres dimensiones, lo que simplifica el procedimiento de análisis para dichas condiciones.

Se deben de proporcionar las características generales del edificio, tal como se hizo en los procedimientos anteriores, así como la información acerca del espectro de diseño empleado.

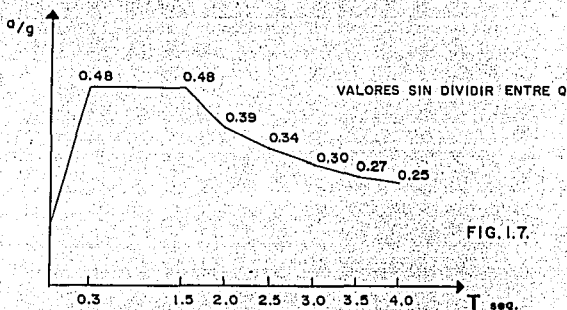


FIG. 1.7.

Información acerca de los modos de vibrar de la estructura reforzada.

Modo	Frec-Circular (rad/seg)	Frec-Natural (c.p.s)	Periodo (seg)
1	6.978	1.111	0.9004
2	7.593	1.208	0.8275
3	7.888	1.255	0.7965

Los modos de vibrar se ilustran en las figs. 1.7, 1.8 y 1.9

1.5.2.

Resultados Obtenidos del Análisis de la Estructura Reforzada
(DINAMICO MODAL)

Para contribuir a la rigidez del edificio, se ligaron los marcos que establecían las colindancias entre los cuerpos A, B y C de la estructura, para que se realizara un trabajo conjunto.

El modelo de la estructura con el refuerzo, se generó en el programa SAP-86, en el cual es posible trabajar en tres dimensiones, lo que simplifica el procedimiento de análisis para dichas condiciones.

Se deben de proporcionar las características generales del edificio, tal como se hizo en los procedimientos anteriores, así como la información acerca del espectro de diseño empleado.

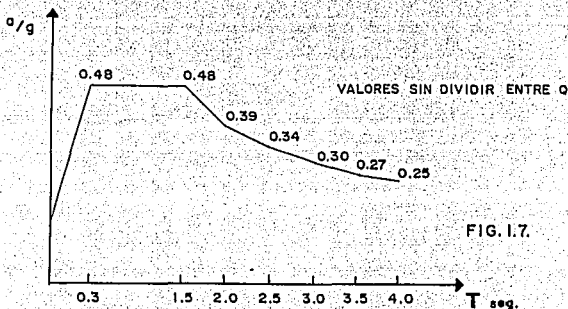


FIG. 1.7.

Información acerca de los modos de vibrar de la estructura reforzada.

Modo	Frec-Circular (rad/seg)	Frec-Natural (c.p.s)	Periodo (seg)
1	6.978	1.111	0.9004
2	7.593	1.208	0.8275
3	7.888	1.255	0.7965

Los modos de vibrar se ilustran en las figs. 1.7, 1.8 y 1.9

Eigenvector Shape and/or Animation for Mode 1

Mode Frequency = 1.1109 Hz

[Esc] to return to Menu Inde.

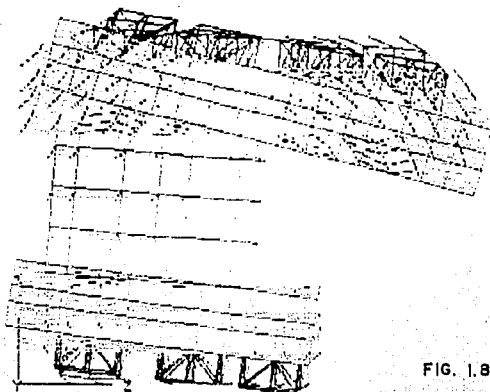


FIG. 1.8.

HOSPITAL

ANALISIS SISMICO DINAMICO AREA NORTE I.Y.O.O

SE OBSERVA EN ESTAS FIGURAS QUE LOS CUERPOS ESBELTOS DEL EDIFICIO SON LOS QUE SUFREN MAYORES EFECTOS POR SISMO EN SENTIDO TRANSVERSAL ↓

FALLA DE ORIGEN

Eigenvector Shape and/or Animation for Mode 2

Mode Frequency = 1.2079 Hz

[Esc] to return to Menu Index

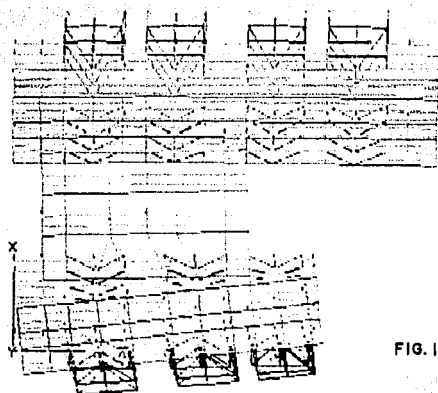


FIG. 1.9.

HOSPITAL

ANALISIS SISMICO DINAMICO AREA NORTE Y.0.0

Eigenvector Shape and/or Animation for Mode 3

Mode Frequency = 1.255 Hz

[Esc] to return to Menu Index

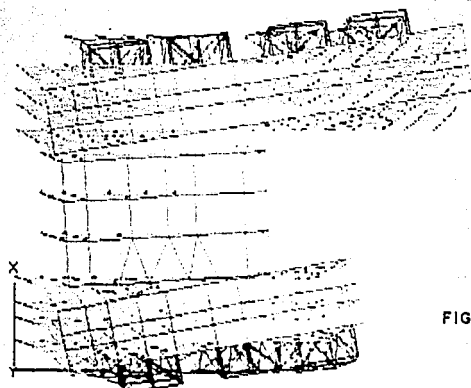


FIG. 1.10.

HOSPITAL

ANALISIS SISMICO DINAMICO AREA NORTE Y.0.0

Los desplazamientos obtenidos con la adición del refuerzo son las siguientes:

Nivel	Desplazamiento máximo (mts)	
1	0.01359	
2	0.03713	
3	0.05678	
4	0.07486	VALORES SIN MULTIPLICAR POR (Q)
5	0.09279	
6	0.10785	
7	0.12440	
8	0.13430	

Resultó del análisis, que la fuerza cortante basal fué mayor que $0.8 (a) (W_0) / Q'$. Por lo que no se incrementaron los valores de las fuerzas de diseño ni de los desplazamientos obtenidos.

El R.C.D.F. en el artículo 209, capítulo VI del título sexto de su contenido, establece que la diferencia entre los desplazamientos laterales de pisos sucesivos debidos a fuerzas cortantes horizontales calculadas no excederán de 0.006 veces la diferencia de elevaciones correspondientes, lo que equivale para este caso que la deformación máxima admisible será de 0.17 mts.

Comparativamente, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

	Desplazamiento Máximo (mts)
Estructura sin refuerzo	0.4172
Estructura reforzada	0.1343

Se concluye que con el refuerzo añadido, la estructura cumple con lo establecido por el Reglamento de Construcción del Distrito Federal 1987, en cuanto a deformaciones máximas permisibles.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL REFUERZO

2.1.

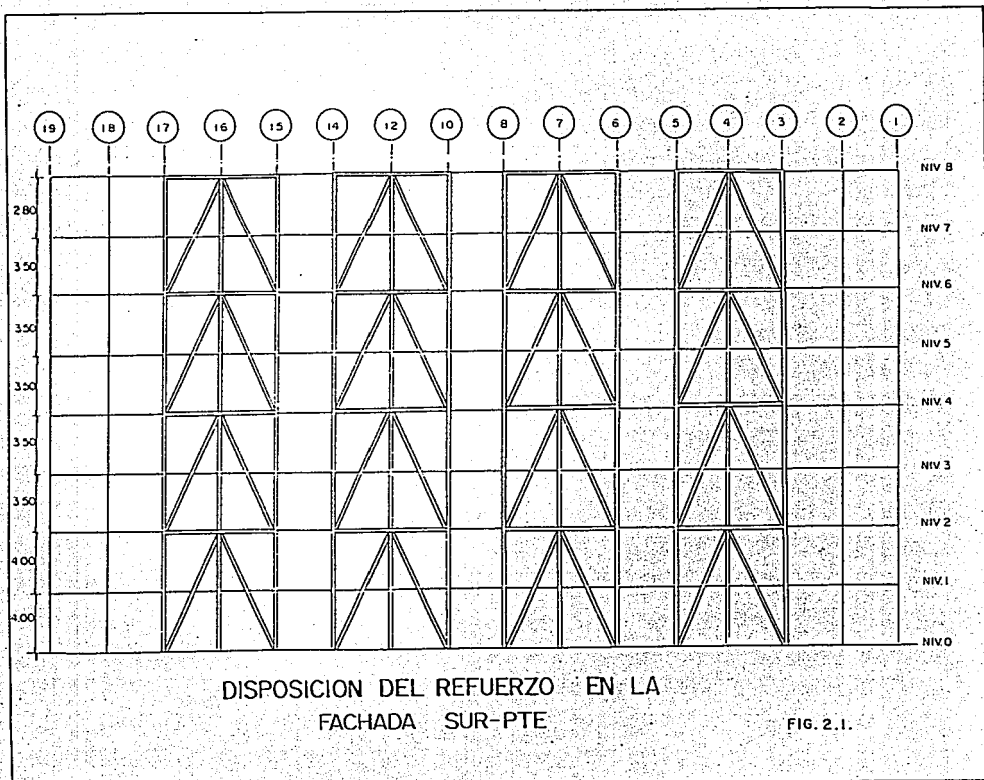
Generalidades

El proyecto de refuerzo del inmueble consiste en la adición a la estructura original de concreto de armaduras metálicas tridimensionales dispuestas en el exterior del edificio, así como de contravientos también metálicos. El objetivo del refuerzo consiste en rigidizar el edificio en su totalidad cumpliendo así con las normas y lineamientos al respecto que establece el R.C.D.F. 1987.

Las armaduras están dispuestas, como ya se mencionó, en el exterior del edificio, específicamente en las fachadas oriente y poniente de la estructura. En cada uno de los dos cuerpos de la fachada oriente se tienen distribuidas tres armaduras, mientras que del lado poniente cada cuerpo presenta cuatro de ellas, como se aprecia en las figuras 2.1 y 2.2, donde se presentan las fachadas sur-poniente y sur-oriente respectivamente.

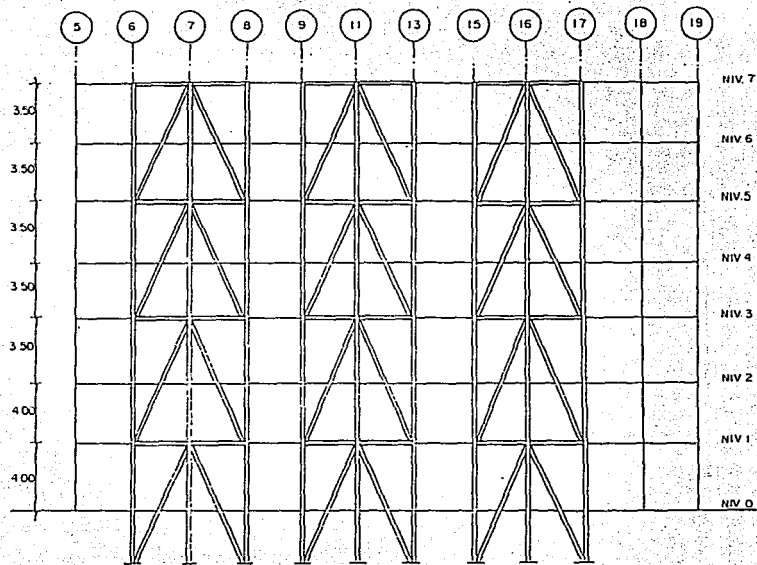
El refuerzo de los contravientos es en forma de diagonales que se encuentran colocadas en las contrafachadas donde se localiza el refuerzo exterior, y a diferencia de éste los contravientos se ubican por el interior del inmueble, en todos sus niveles. En la figura 2.3 se presenta la ubicación de los contravientos en un nivel del edificio.

Los elementos resistentes de la armadura tridimensional están constituidos por perfiles tubulares conectados entre sí por medio de tornillos, y con la estructura de concreto existente por medio de placas de acero y anclas, como se describe más adelante.



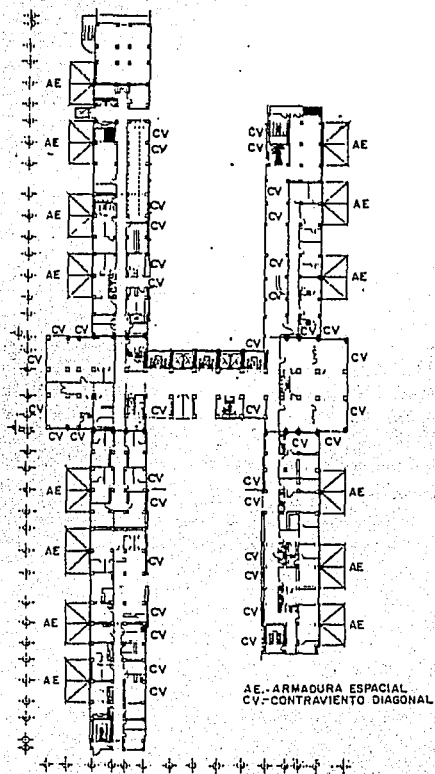
DISPOSICION DEL REFUERZO EN LA
FACHADA SUR-PTE

FIG. 2.1.



DISPOSICION DEL REFUERZO EN LA
FACHADA SUR-OTE

FIG. 2. 2.



PLANTA CON LA DISTRIBUCION DEL REFUERZO
PARA LA ESTRUCTURA RIGIDIZADA

FIG. 2.3.

2.2. Descripción de los Elementos Resistentes del Refuerzo

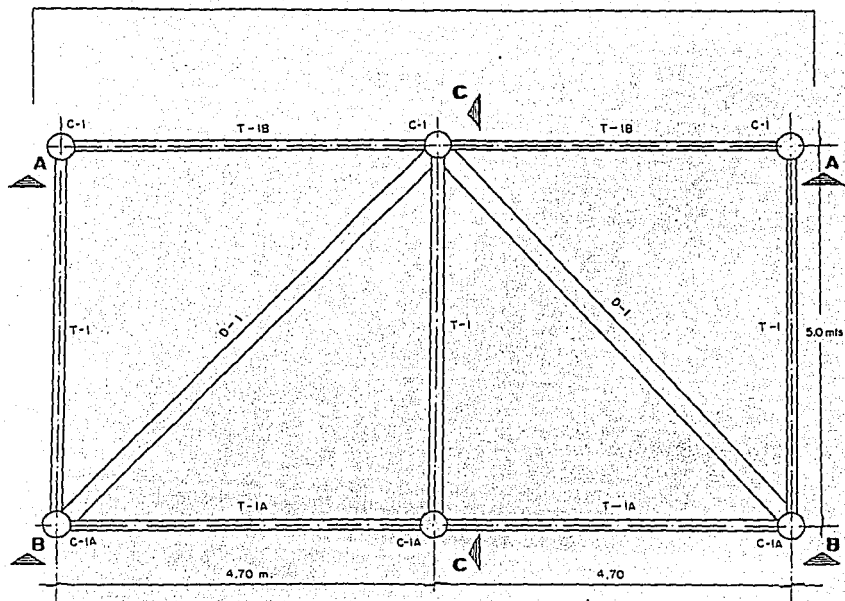
La disposición de los elementos que constituyen la armadura tridimensional dispuesta en forma de módulos es simétrica y ordenada. Cada armadura consta de elementos columna, montantes y diagonales, cuyas características varían según la función estructural que desarrollen, esto es, por ejemplo los perfiles que forman las columnas presentan el mayor diámetro, ya que estructuralmente son los que reciben la mayor carga axial y son el soporte de toda la armadura.

La longitud de las columnas está de acuerdo a la que les exigen las elevaciones de los entresijos donde se realizan las conexiones entre el refuerzo tridimensional y la estructura de concreto existente.

La posición de cada uno de los elementos que forman una armadura así como su nomenclatura se aprecia en las figuras 2.4 a la 2.8

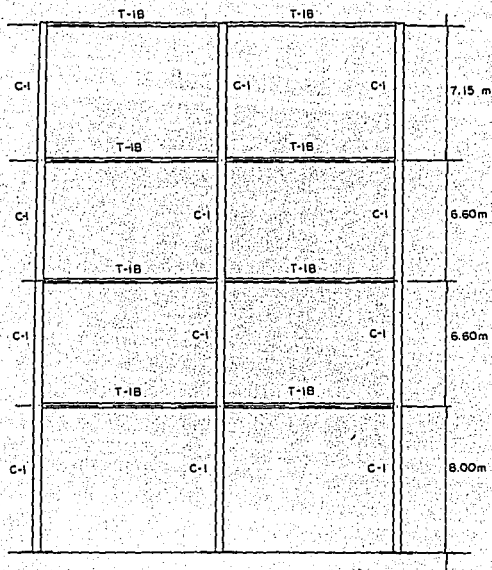
El refuerzo diagonal consiste en un elemento tubular conectado a la estructura existente por medio cierta disposición de placas y anclas. Con este refuerzo se pretende transmitir a las trabes y columnas fuerzas de tensión y compresión tomadas por el elemento durante el sismo, anulando así las fuerzas cortantes en estos elementos de concreto.

Todos los elementos resistentes que constituyen el refuerzo son de acero estructural A-36, $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.



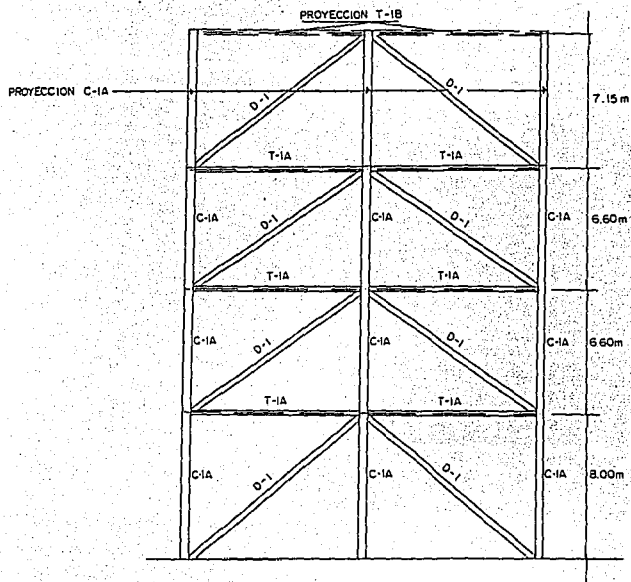
MODULO VISTO EN PLANTA

FIG. 2.4.



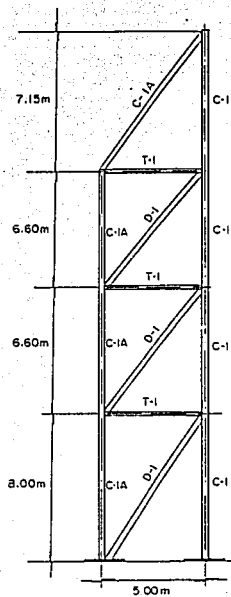
CORTE A-A

FIG. 2.5.



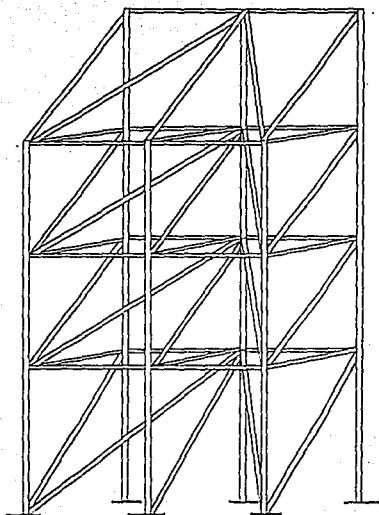
CORTE B-B

FIG. 2.6.



CORTE C-C

FIG. 2.7



ARMADURA TRIDIMENSIONAL

FIG. 2.8.

Se indican a continuación las características particulares de cada uno de los elementos resistentes que constituyen un módulo.

ELEMENTO	NOMENCLATURA	DIAMETRO (D) (mm)	ESPESOR (e) (mm)
Columna	C-1	324	8.38
	C-1A	324	8.38
Diagonal	D-1	273	7.80
Trabe	T-1	168	7.11
	T-1A	168	7.11
	T-1B	114	6.02

A estos diámetros y espesores se llegó luego de realizar los análisis y el diseño.

2.3. DESCRIPCION DE LAS CONEXIONES

Como se observa en las figuras anteriores, la disposición de los elementos que constituyen la armadura y las conexiones que estos presentan es muy variada; de tal manera que se tienen diferentes formas de unión, cada una de éstas está en función de su ubicación dentro del sistema y dependiendo de cuales sean los elementos a unir será la forma de la conexión.

La geometría de los elementos resistentes, hace poco práctica la unión entre estos de manera directa, ya que por ser circulares no se tienen superficies de contacto uniformes para aplicar soldadura o para realizar orificios y colocar tornillos que determinen una conexión clara; para esto se determinó que dichas uniones entre elementos se realizaran mediante una disposición de placas insertadas en los tubos fijadas mediante soldadura, de tal manera que los elementos tuvieran extremos planos, con lo que es posible ya realizar empalmes atornillados, como se aprecia en la figura 2.9

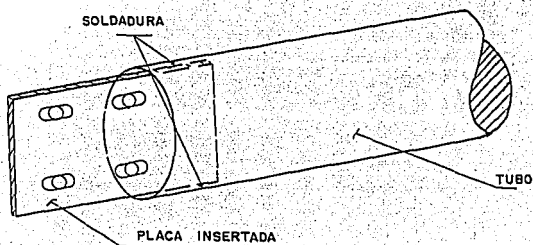


FIG. 2.9.

Las uniones entre placas, se realizaron mediante soldadura de electrodos de alta resistencia E-70 XX, combinada con tornillos A-490 también de alta resistencia. Las conexiones presentan diferente número de unidades así como de diámetros de tornillos, lo cual está en función del elemento a unir.

Es de vital importancia en la estructura de refuerzo la participación de los orificios alargados, cuya función es la de permitir que el elemento deslice cuando las cargas horizontales por sismo sobrepasen el valor de las fuerzas consideradas en el diseño. Con dicho deslizamiento se pretende liberar parte de la energía tomada durante el movimiento por medio de la fricción entre las placas metálicas que forman las conexiones.

Es importante señalar que en todas las uniones atornilladas, una de las placas presenta orificios circulares, mientras que la otra u otras se fabricaron con orificios oblongos.

Las características de estos orificios se aprecian en la siguiente figura.

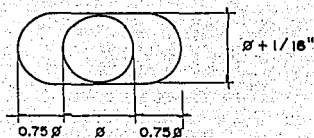


FIG. 2.10

2.3.1.

Conexión Armadura Tridimensional-Estructura de Concreto

Esta conexión es muy importante en la armadura, ya que es por medio de ella como la estructura original de concreto, tendrá respuesta del refuerzo añadido.

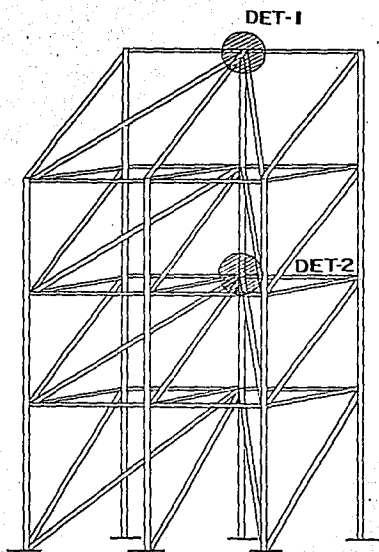
Generalmente este tipo de unión entre el refuerzo metálico y el concreto se hizo en las intersecciones de columnas con las trabes existentes.

Todos los elementos resistentes de acero que concurren a los nodos donde hay conexión, presentan de alguna u otra forma cierta disposición de placas en sus extremos que les permiten ligarse a los demás elementos de soporte, ya sea por medio de tornillos o de soldadura. Esta formación de placas en los tubos se describirá más a detalle en el capítulo número 3.

2.3.2. Conexiones Entre Elementos Resistentes

Estas formas de unión son de características variadas, pero se mantiene la idea descrita anteriormente de realizar empalmes por medio de placas soldadas en el interior de los elementos tubulares y complementadas por otra u otras de forma atornillada.

Las características generales de las conexiones de una armadura del refuerzo se observan en las figuras que a continuación se presentan (FIGS. 2.11 - 2.23)



CONEXIONES ARMADURA TRIDIMENSIONAL
ESTRUCTURA DE CONCRETO

NIVEL SUPERIOR DE
LOZA CASIFICADA

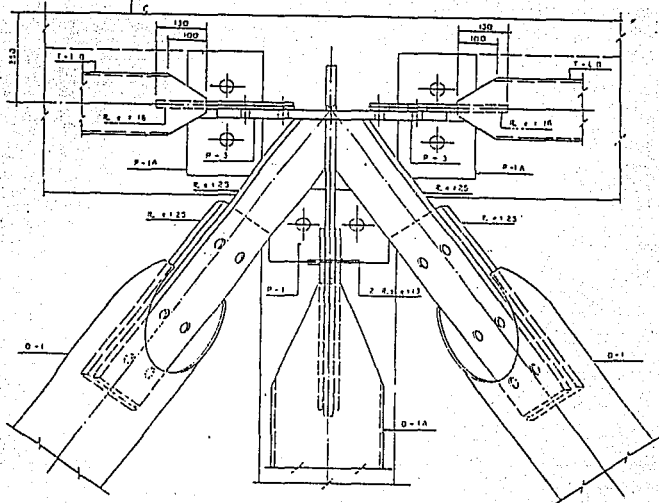


FIG. 2. II

VISTA FRONTAL

CONEXION ARMADURA TRIDIMENSIONAL ESTRUCTURA DE CONCRETO

DET-I

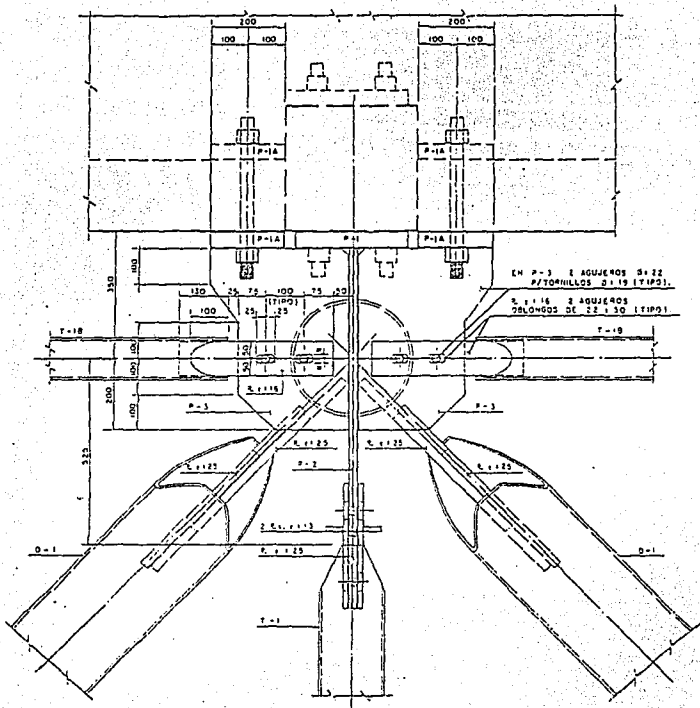


FIG. 2.12

VISTA EN PLANTA

CONEXION ARMADURA TRIDIMENSIONAL-ESTRUCTURA DE CONCRETO

DET-1

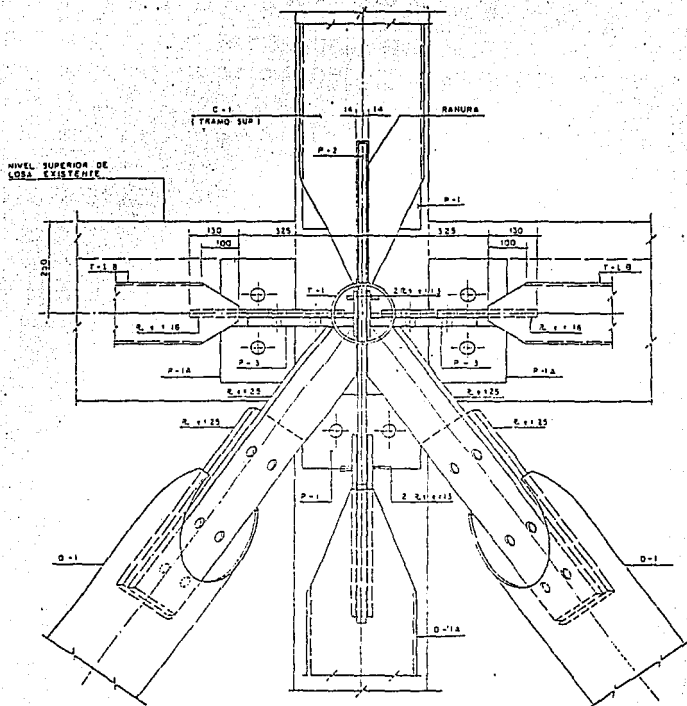


FIG. 2.13

ASPECTO GENERAL

CONEXION ARMADURA TRIDIMENSIONAL-ESTRUCTURA DE CONCRETO

DET-2

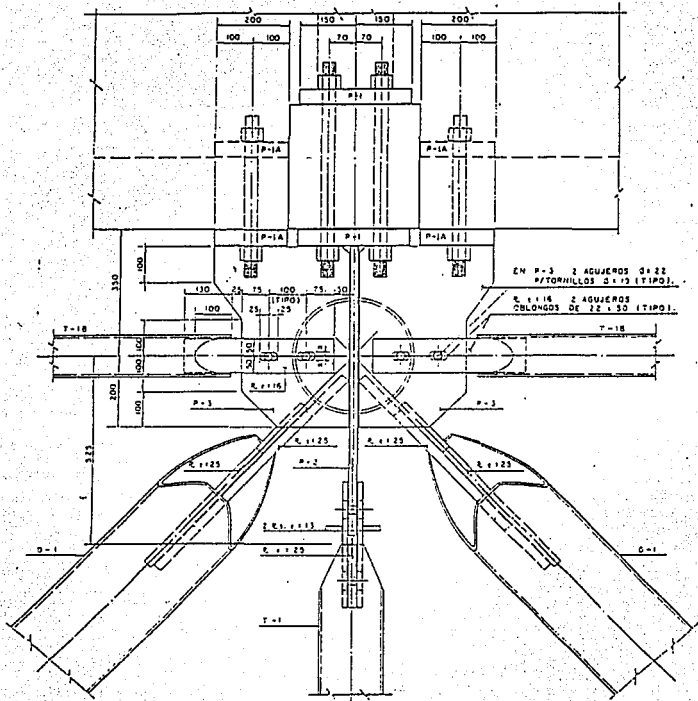


FIG 2.14

VISTA EN PLANTA

CONEXION ARMADURA TRIDIMENSIONAL-ESTRUCTURA DE CONCRETO

DET-2

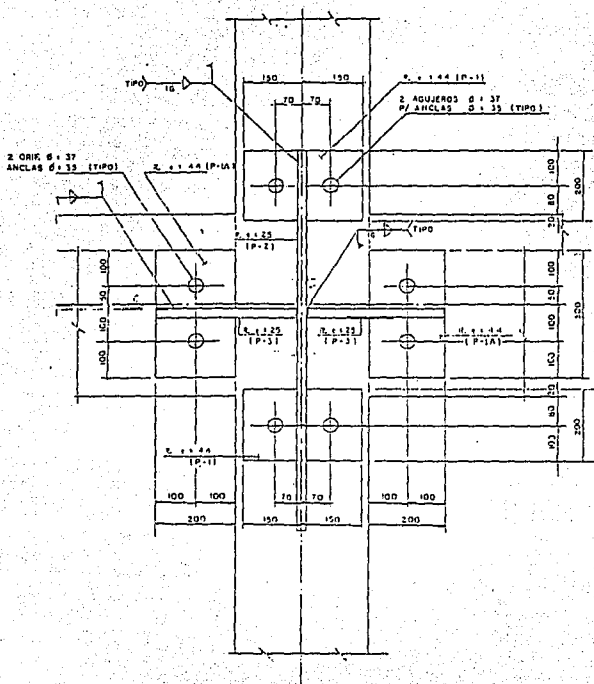
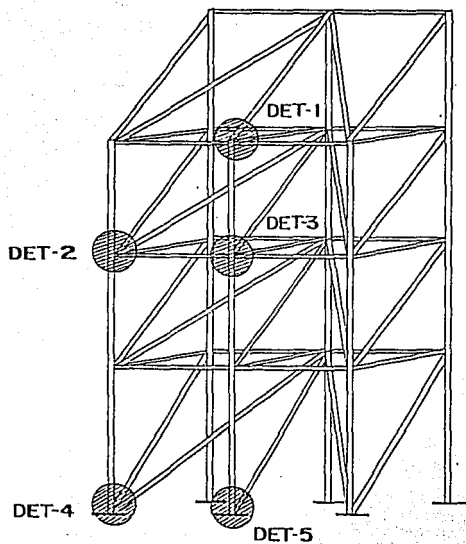


FIG. 2.15

DISPOSICION DE PLACAS

CONEXION ARMADURA TRIDIMENSIONAL- ESTRUCTURA DE CONCRETO

DET-2



CONEXIONES ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES

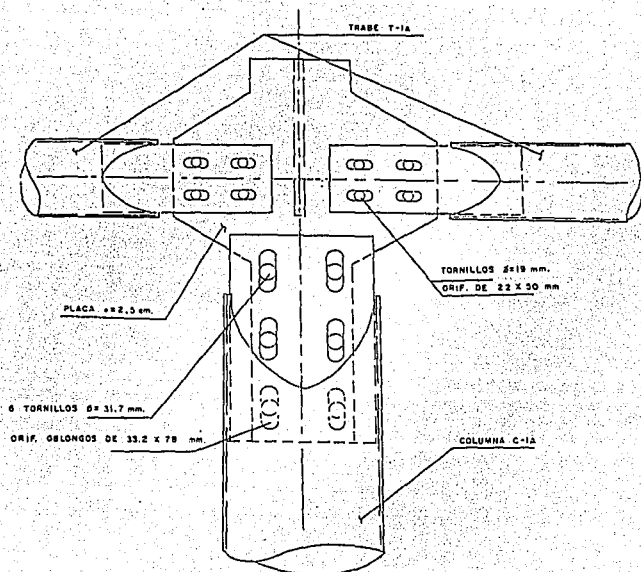


FIG. 2.16

VISTA FRONTAL

CONEXION ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES

DET-I

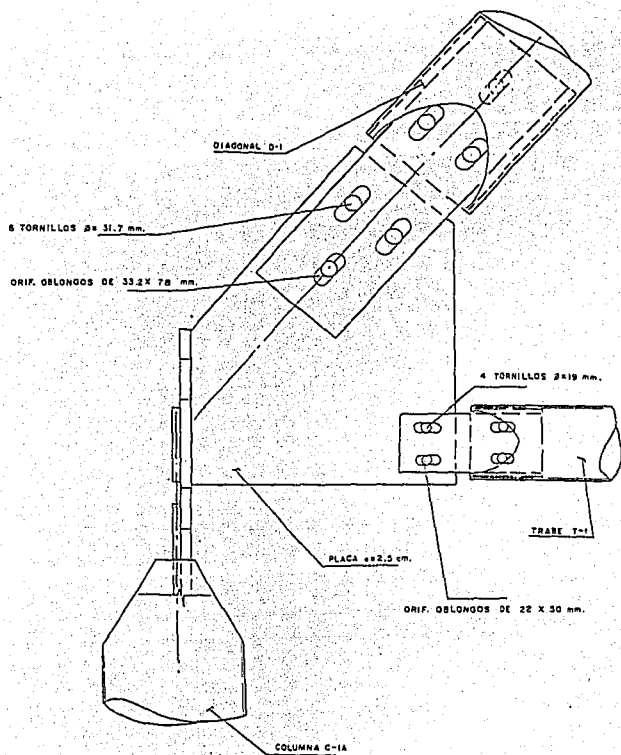


FIG. 2.17

VISTA LATERAL

CONEXION ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES

DET-1

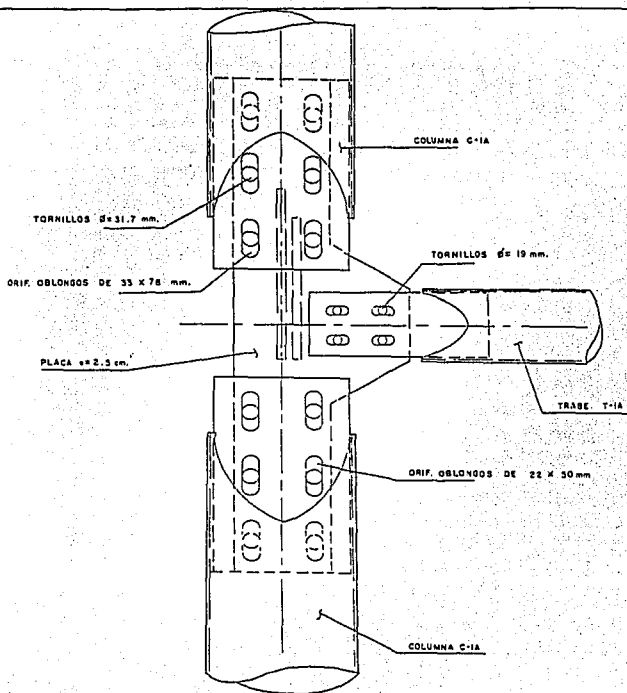
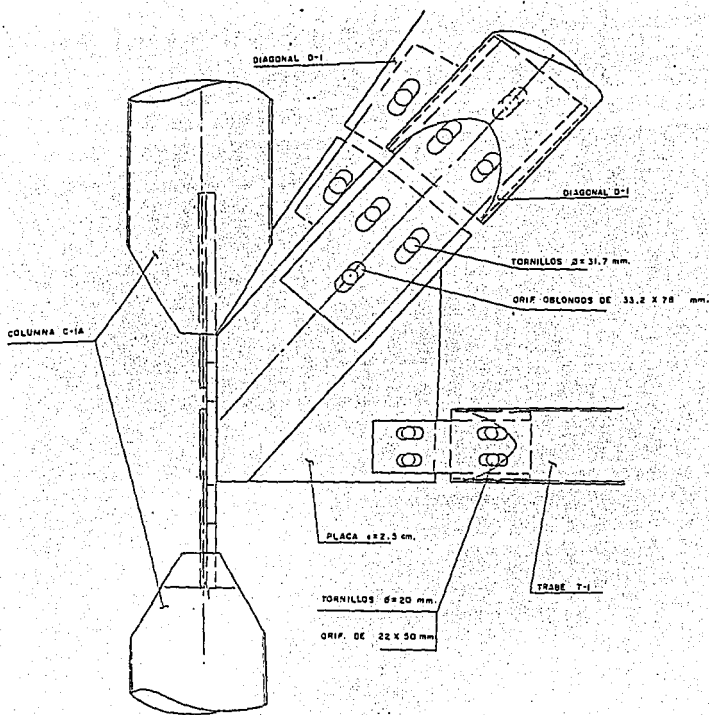


FIG. 2.18

VISTA FRONTAL

CONEXION ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES

DET-2

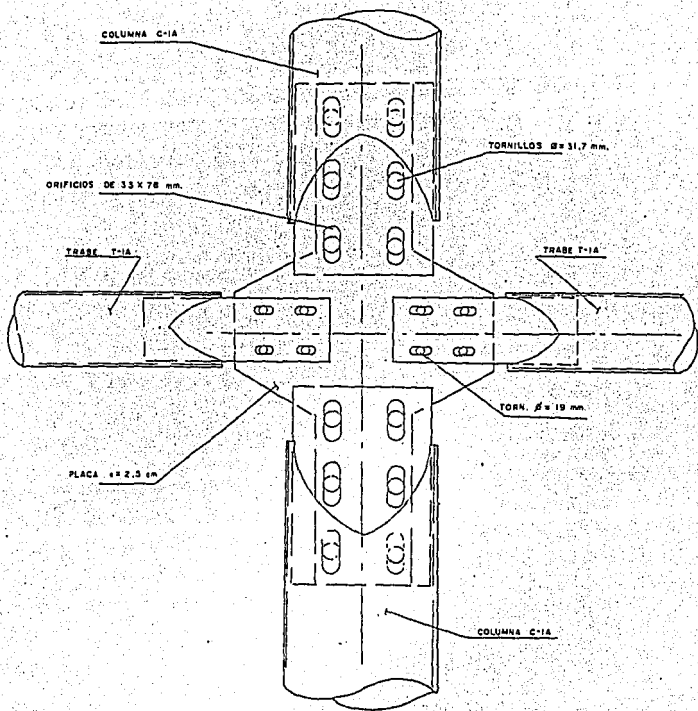


VISTA LATERAL

FIG. 2.19

CONEXION ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES

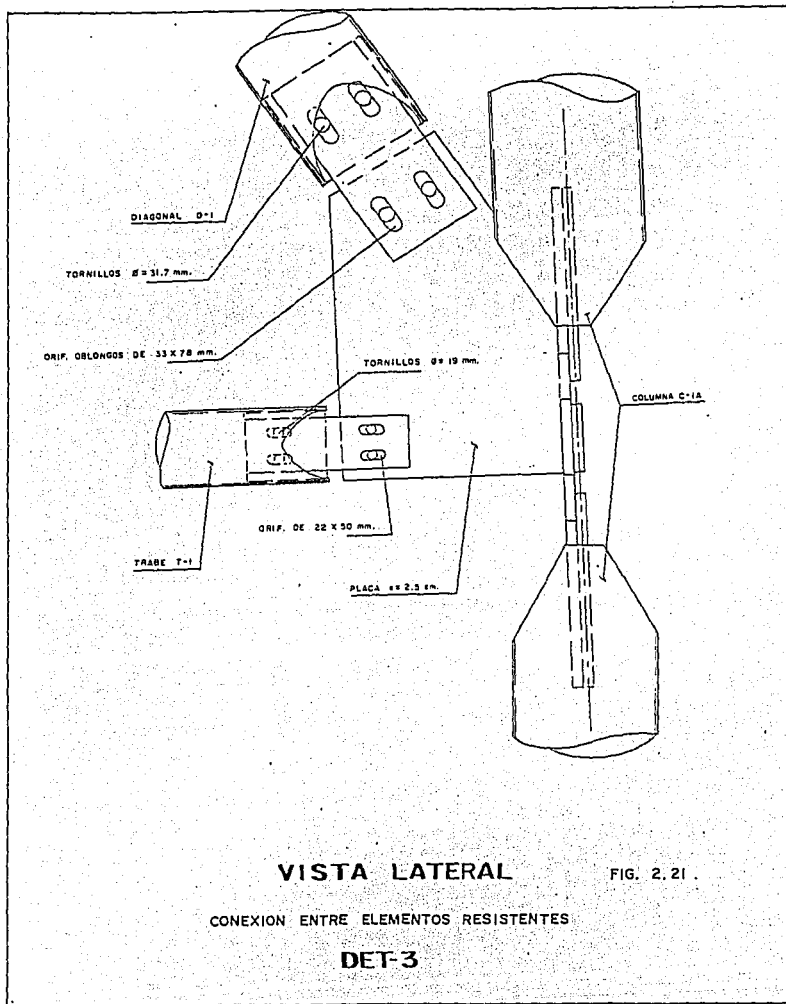
DET-2

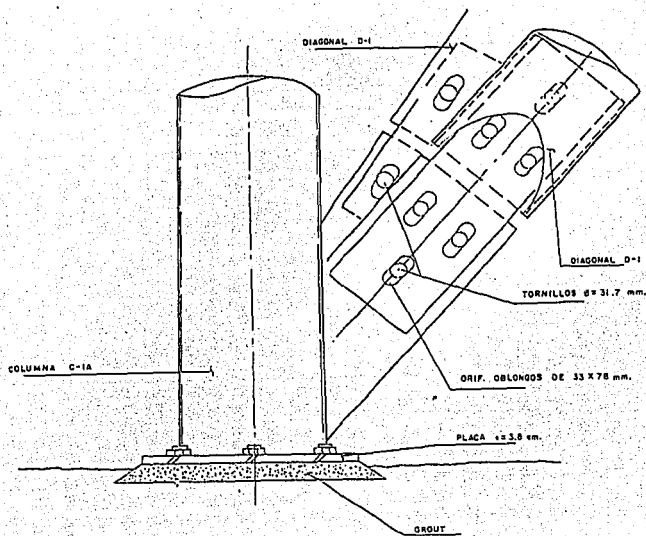


VISTA FRONTAL

FIG. 2.20

CONEXION ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES
 DET-3



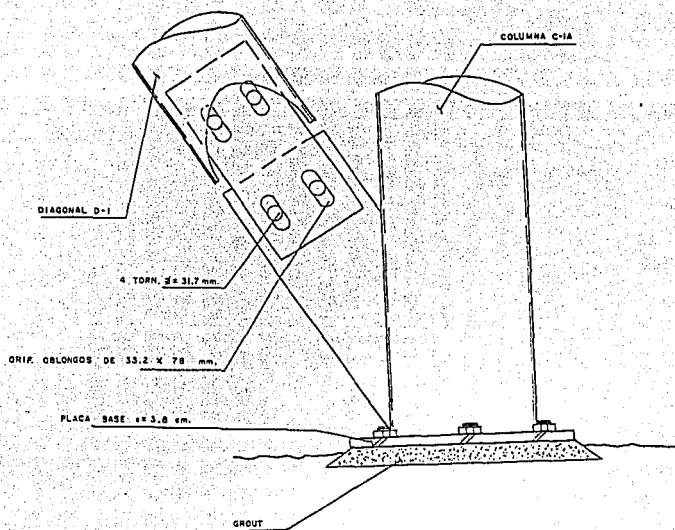


VISTA LATERAL

FIG. 2.22

CONEXION ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES
Y EN BASE DE COLUMNA

DET-4



VISTA LATERAL

FIG. 2. 23

CONEXION ENTRE ELEMENTOS RESISTENTES

Y EN BASE DE COLUMNA

DET-5

2.4. CIMENTACION DEL REFUERZO

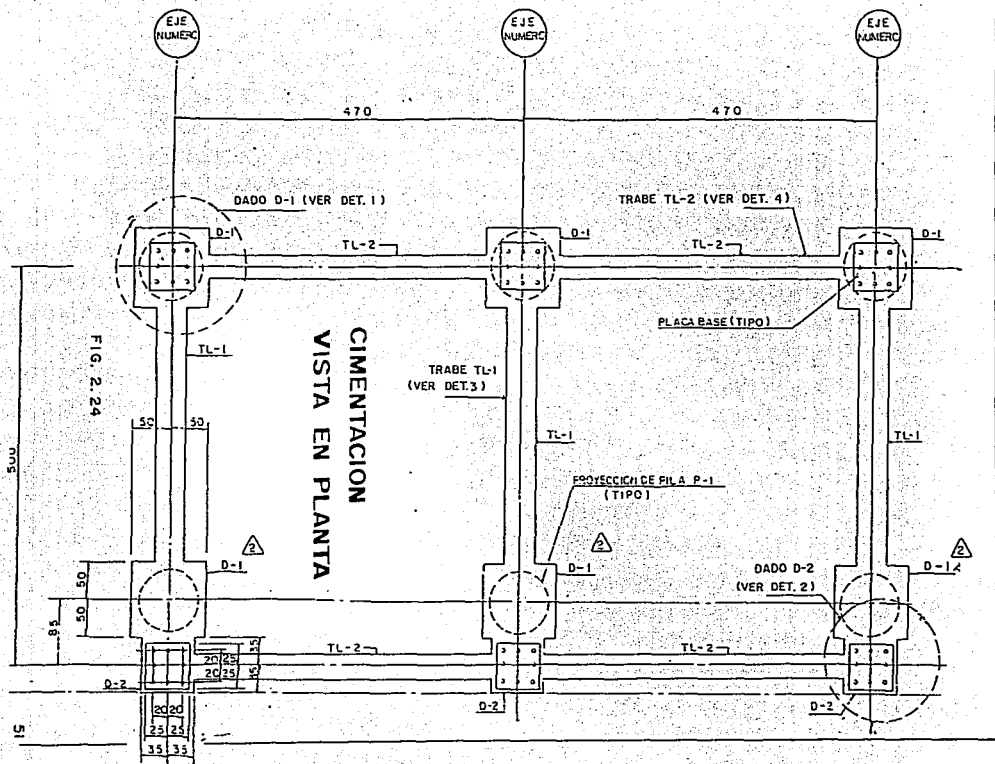
Cada una de las armaduras de refuerzo tiene su propia cimentación, esta consiste en un conjunto de 6 pilas de concreto armado sobre las que se apoyan dados también de concreto, el conjunto se rigidiza con traveses de liga como se aprecia en la figura de la cimentación vista en planta (FIG. 2.24)

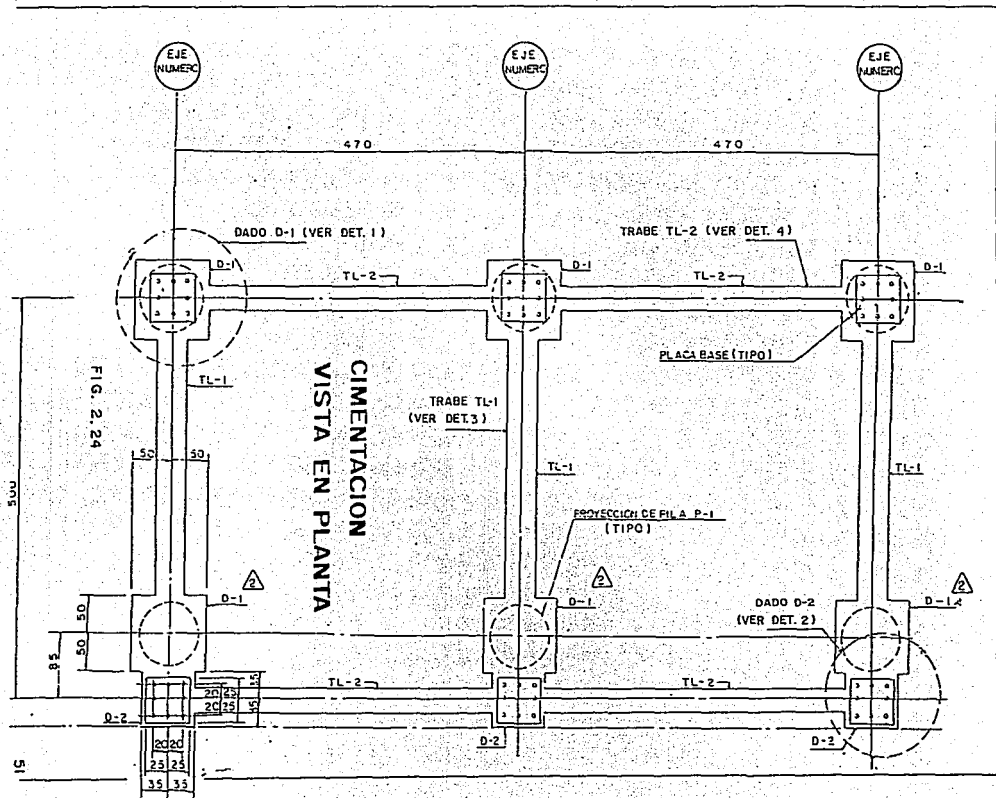
A partir del nivel de los dados se desplantan las columnas del refuerzo metálico. Las pilas de concreto presentan un diámetro de 80 cm. y alcanzan aproximadamente 20 metros de profundidad donde se encuentra el estrato resistente en que se apoyan por punta.

Para solidificar el suelo aledaño a la cimentación, el cual se vió afectado por una excavación secundaria para construir los dados y traveses de liga mencionados, se realizó un relleno con arcilla a la que se le aplicó una compactación típica.

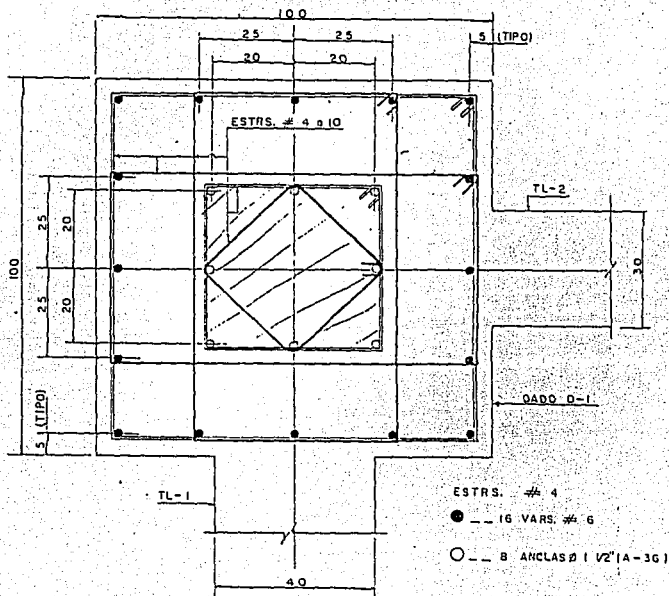
Las características generales de la cimentación se muestran en las figuras que se presentan en las páginas sig. (FIGS. 2.24-2.29)

Se adoptó este tipo de cimentación ya que por las características estratigráficas del lugar obtenidas del estudio de mecánica de suelos, se observó que la longitud y diámetro de las pilas son adecuadas desde el punto de vista constructivo. Obviamente también por que resultan más eficientes estos elementos trabajando por punta que por fricción (se tiene más capacidad resistente por elemento).





DETALLE I



ESTRS. # 4

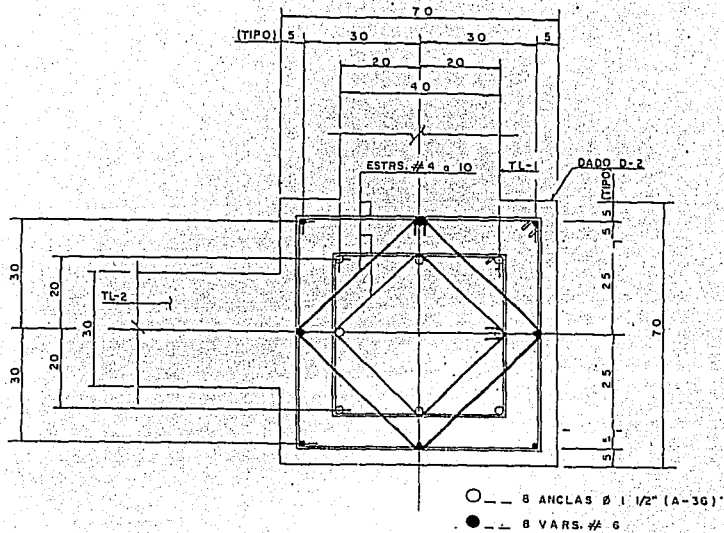
● 16 VARS. # 6

○ 8 ANCLAS ø 1 V2' (A-36)

FIG. 2. 25

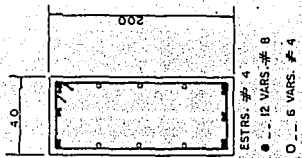
DADO D-1

DETALLE 2

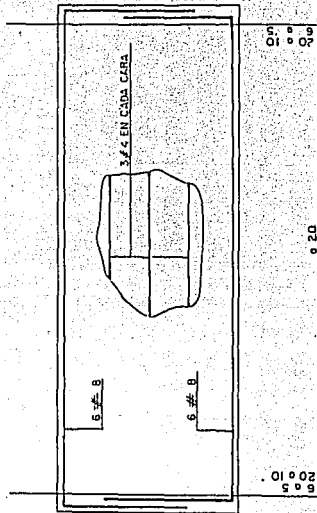


DADO D-2

FIG. 2.26



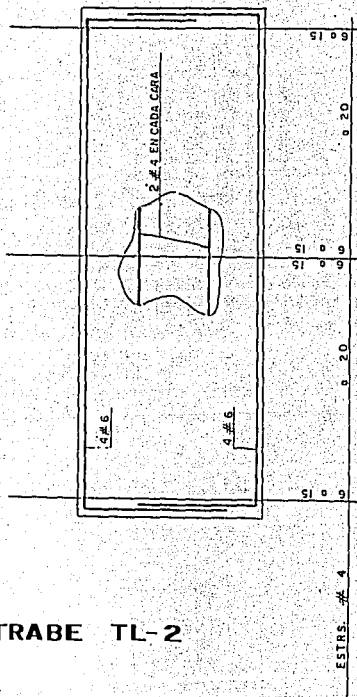
DETALLE 3



TRABE TL-1

FIG. 2. 27

TRABE TL-2



DETALLE 4

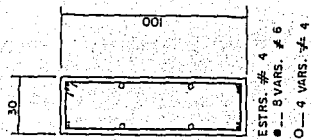


FIG. 2.28

Aquí se aprecia la geometría y el refuerzo de una pila tipo la cual forma parte de la cimentación descrita anteriormente.

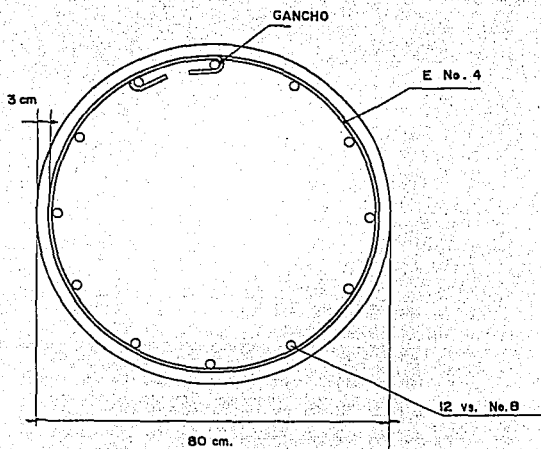


FIG. 2. 29

El refuerzo metálico tridimensional y su cimentación quedan ligados a partir de una placa base sobre la que se desplanta la columna correspondiente de la estructura metálica, así mismo esta placa presenta ocho birlos que penetran hasta los dados de concreto y se mantienen anclados.

La placa base tiene un espesor de 3.8 cm. y para lograr una superficie de apoyo completa, se tiene una capa de cinco centímetros de grout entre la superficie metálica y el concreto.

Se presenta una vista en planta de la conexión referida.

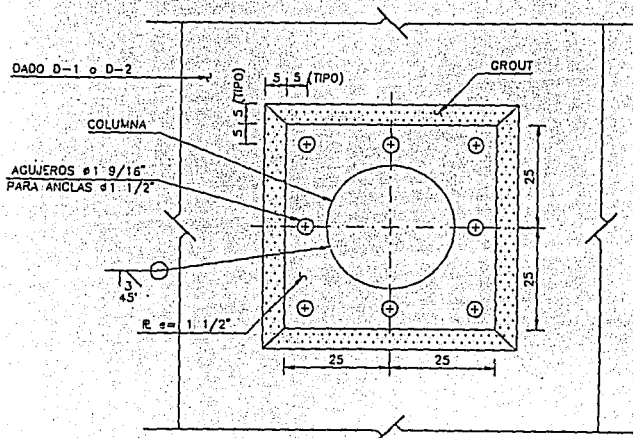


FIG. 2.30

PLACA BASE VISTA EN PLANTA

En la página siguiente se observa el detalle del anclaje de los birlos en la cimentación.

NIV. TERRENO NATURAL PARA ELEMENTO DE REFUERZO TIPO T-1A

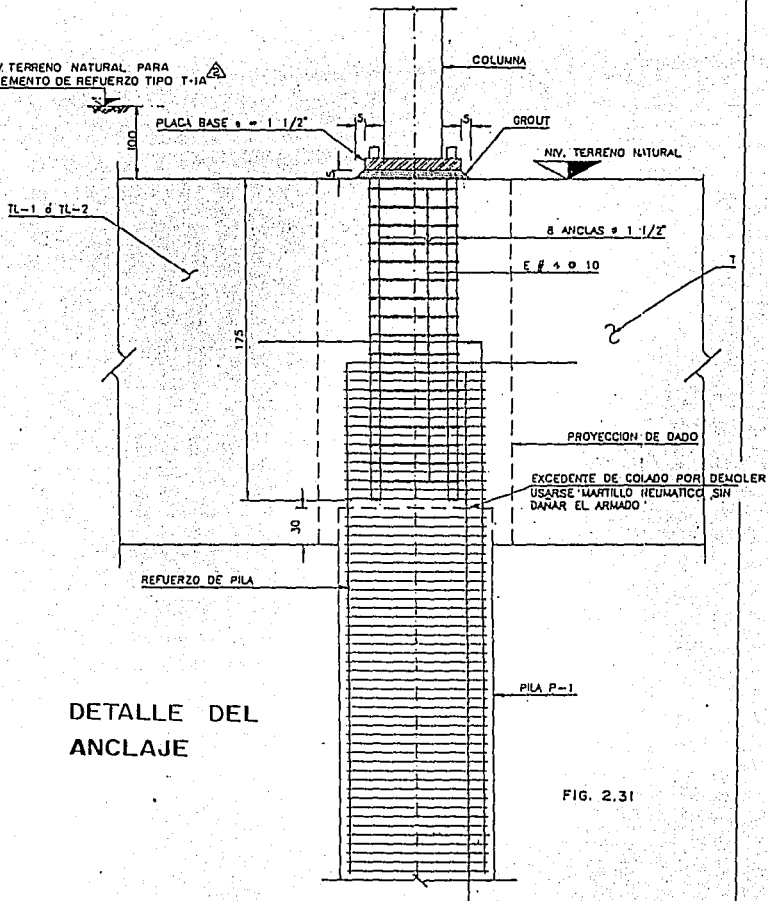


FIG. 2.31

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

3.1.

Material y Equipo a Utilizar

A continuación se enlistan todos los elementos que fueron requeridos para llevar a cabo los trabajos de construcción de la armadura tridimensional

Materiales

Espesor

Placa de Acero	16.0 mm.	Acero A-36
	12.7 mm.	
	25.4 mm.	
	38.0 mm.	
	44.0 mm.	

Diámetro

Tornillos	3/4"	Acero A-490 (Alta Resistencia)
	1 1/4"	

Diámetro

Tuercas	3/4"	Acero A-563
	1 1/4"	

Diámetro

Espesor

Rondanas	1"	8.0 mm.	Acero F-436 endurecidas
	1 1/2"	8.0 mm.	

Diámetro

Anclas	1 3/8"	Fy= 8000 kg/cm ²
	1 1/2"	

	Diámetro	Espesor
Perfiles Tubulares	12 3/4"	8.0 mm.
	10 3/4"	7.8 mm.
	6 5/8"	7.1 mm.
	4 1/2"	6.0 mm.
Lámina de Alta Resistencia	Calibre 18	
Soldadura con Electrodo	E-70 XX	
	Diámetro	
Varilla Corrugada	1"	Fy= 4200 kg/cm ²
	1/2"	
	6/8"	
Resina Epóxica	8 700	Psi. Resist. a la tracción
	12 500	Psi. Resist. a la compresión

Además de lo anterior se utilizó arena sílica para el tratado de los tubos, cemento, arena y grava, para realizar la mezcla de concreto con que se fabricó la cimentación del refuerzo, por otro lado también se requirió de pintura para proteger los perfiles tubulares de la corrosión y para el terminado del montaje.

Equipo

Tipo	Características
Malacate Manual	5/8" Diám. Cable 5800 Kg. Cap Tracción 3500 Kg. Cap. Elevación
Revolvedora	1/2 Saco
Compresor	100 Psi de presión máxima 2830 R.P.M. 5 m ³ Cap. de Almacenamiento
Planta de Soldar	220-240 Volts C.D. 30-60 Amperes 67 % Eficiencia 50-60 c.p.s. 3 Fases
Tanque de Oxígeno	51.4 Lts. 64.8 Kg.
Rompedora	2450 R.P.M. 11 Amperes
Malacate	2500 R.P.M. 34.7 H.P. Motor Diesel
Taladro Magnético	120 Volts A.C. 375 R.P.M. 5 Diámetros de Broca
Pulidora	2800 R.P.M. 11 Amperes 120 Volts A.C./C.D.

Equipo para
Tensar

Motor 1 fase
0.5 H.P. (0.36 kw)
50-60 Hz.
115 Volts A.C.
9.5 Amperes

Retroexcavadora

0.75 m³ Cap. de Cucharón

Cargador Frontal

2 m³ Cap. de Hoja Dentada

Se requirió además la utilización de una draga para realizar los trabajos de excavación para el hincado de las pilas, y de otros equipos auxiliares como los siguientes: cable de acero, poleas, ganchos, mangueras (para el lanzado de la arena a los tubos), ollas para contener la pintura y la arena, tanques de gas butano y soplete, entre otros.

3.2. ESPECIFICACIONES GENERALES

1.- Se debe usar concreto de $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ para el colado de los elementos que constituyen la cimentación de la armadura, así como acero de refuerzo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

2.- Se debe emplear acero estructural A.S.T.M. - A-36 de $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ para placas.

3.- Para la fabricación y el montaje de elementos rigen las especificaciones del A.I.S.C.

4.- Los tornillos deben ser de alta resistencia A-490, con dos rondanas y se deben colocar como indican las normas A.I.S.C. para juntas de fricción.

5.- Las anclas deben ser de alta resistencia, de un $F_y = 8000 \text{ kg/cm}^2$

Diámetro	Tensión Aplicada
1 1/2"	53 440 kg

6.- Las anclas que conectan al refuerzo con la estructura deben pasar libres y rectas através de la trabe o columna y no se admiten desviaciones en su longitud.

7.- La posición de las anclas que se indica de proyecto, se puede modificar si el acero de refuerzo existente en la columna, o trabe impide el libre paso del ancla. En tal caso dicha variación debe ser la mínima posible, pero nunca mayor a 1.5 veces el diámetro del ancla.

8.- Antes de realizar las perforaciones requeridas en las placas metálicas, debe determinarse en forma precisa la localización de las anclas, y para ello es necesario definir la posición del acero de refuerzo de la columna o trabe en cuestión. Dicha localización del refuerzo puede determinarse por medio de ultrasonido u otro medio confiable y preciso.

9.- Una vez que se defina con exactitud la posición de las anclas, se deben elaborar plantillas a partir de las cuales realizar las perforaciones en las placas metálicas, los orificios para las anclas pueden tener una holgura máxima de 1/16 de pulgada, mientras que las perforaciones en la estructura de concreto hasta 1/4 de pulgada.

10.- Antes de colocar las placas metálicas, se debe limpiar la superficie de concreto sobre la que se apoyan, dejándola libre de polvo, tierra o algún recubrimiento que impida el apoyo total y la fricción entre las placas y la estructura.

11.- Una vez que se inserten las anclas en la estructura de concreto, y antes de colocar las placas metálicas, se tiene que inyectar resina epóxica de alta fluidez en la holgura que queda alrededor del ancla. Esta resina debe rellenar totalmente dicha holgura en toda su longitud y debe presentar por lo menos una resistencia final de 250 kg/cm². Inmediatamente después de aplicar la resina hay que colocar la placa metálica de $e = 4.4$ cm y tensar las anclas.

El procedimiento anterior se debe llevar a cabo sin interrupciones para evitar que la resina endurezca al cien por ciento antes del tensado.

12.- Al tensar las anclas, hay que verificar que se aplique la fuerza especificada por medio de un manómetro y comprobar por deformación del ancla. Para impedir la pérdida de tensión inmediatamente después de aplicar la fuerza en el ancla y antes de retirar el gato, se deben colocar las tuercas apretándolas firmemente.

13.- La posición de los tornillos respecto a los agujeros oblongos debe ser exactamente al centro de dicho orificio, para garantizar la longitud de deslizamiento requerida.

14.- Para tornillos en agujeros oblongos, hay que emplear una rondana circular endurecida que se coloque en la placa exterior que contenga al orificio oblongo de la conexión.

Alternativamente para tornillos en agujeros, alargados, se puede utilizar una placa rondana de al menos 8 mm. de espesor y que deber cubrir toda la longitud horizontal y vertical de dicho orificio.

15.- Para garantizar el correcto apriete de los tornillos, se puede utilizar el siguiente criterio:

- a) Colocar el tornillo, su rondana y su tuerca.
- b) Apretar la tuerca con una llave común (de al menos 50 cm de brazo), y con la fuerza de un solo hombre hasta que el elemento ya no gire.
- c) Con una llave de mayor longitud y la misma fuerza de un solo hombre, aplicar un giro adicional a la tuerca, de acuerdo con la siguiente tabla:

Long. del Tornillo Apriete Extra

$L \leq 4D$	1/3 Vuelta
$4 < L \leq 8D$	1/2 Vuelta
$8 < L \leq 12D$	2/3 Vuelta

D = DIAMETRO DEL TORNILLO

16.- El procedimiento general para el apriete de tornillos en toda la estructura tridimensional, así como para el tensado de las anclas debe tener una secuencia ordenada para evitar se presenten excentricidades en cuanto a rigidez. Dicho orden es de los niveles inferiores hacia los superiores y de izquierda a derecha.

3.3. ACTIVIDADES PREPARATORIAS

3.3.1.

Cimentación

1.- Se llevaron a cabo las excavaciones en el suelo para el colado de las pilas de concreto con una draga cuyo mecanismo de perforación es de tipo rotatorio, se utilizó un barreno de tipo helicoidal, el cual avanzaba aproximadamente 20 cm por minuto, por lo tanto la excavación de cada pozo se llevó casi dos horas, tiempo durante el cual se realizaron las actividades correspondientes al armado del refuerzo.

El diámetro del pozo fue de 80 cm, el mismo proyectado para el elemento estructural de cimentación, esto es, que no se utilizó ningún tipo de cimbra, sino que las paredes del pozo ejercieron esta función. Tampoco se utilizó equipo de bombeo para desalojar el agua filtrada, esto en virtud de que al no existir cimbra el agua realizó la función de ésta, ejerciendo presión sobre las paredes de la excavación, evitando así que se presentaran derrumbes en el interior de ésta.

Las excavaciones tuvieron una profundidad de 18 mts. en promedio, sitio donde se encontró el estrato resistente sobre el que se apoyan ahora las pilas de concreto cuyo trabajo estructural se realiza por punta.

La desviación máxima presentada en cuanto a la verticalidad de la excavación fue de 30 cm.

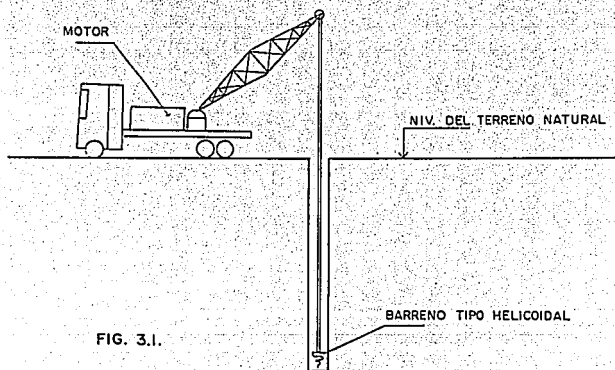


FIG. 3.1.

2.- Al tiempo de que se hacian las perforaciones para las pilas, se fue armando el refuerzo de acero para el elemento, el cual se instaló en el interior del pozo tan pronto se terminó la excavación, para ello fué utilizada una grúa hidráulica, con la restricción de que su pluma alcanzaba una altura de 10 mts como máximo, por lo que fue necesario introducir el armado en dos partes, se hizo entonces un traslape de varillas de 2 mts. entre los dos segmentos del armado para garantizar el trabajo del acero como si fuera de una sola pieza.

El recubrimiento del refuerzo se controló colocando de forma intermitente trozos de varilla en los costados del armado, de forma que al introducirlo en el pozo se conservara la distancia requerida con las paredes de éste y garantizara la protección del acero a la corrosión.

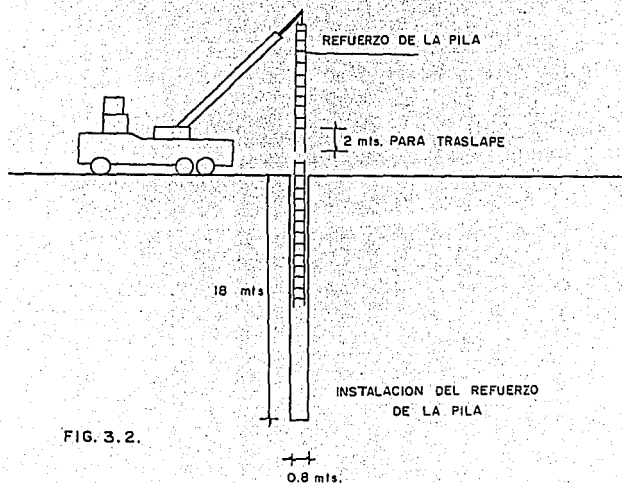


FIG. 3.2.

3.- Terminado de instalar el refuerzo fue posible colar el elemento. La mezcla se fue vaciando en una tolva donde por medio de un tubo de acero apilable en longitudes de 2 mts y de diámetro de 20 cm se fue bajando el concreto hacia el pozo. El tubo de acero llegó hasta el fondo del pozo y la mezcla se fue depositando en ese sitio, el nivel del concreto fue subiendo de tal forma que la primera aplicación quedó finalmente en la parte superior, esta porción del colado fue la de menor calidad ya que a su paso recogió materias sueltas y se mezcló con el agua, con lo que se modificaron sus características originales.

Conforme avanzaba el colado la mezcla fue desalojando el agua contenida en el pozo hacia el exterior dada la diferencia de densidades de estos dos materiales, hasta que finalmente sólo quedó el concreto en el interior de la excavación.

4.- Aproximadamente una semana después del colado, fue demolida la parte superior de las pilas para dar lugar a la construcción de los dados y las trabes de liga que rigidizan el conjunto de seis pilas, las cuales corresponden a cada una de las columnas del refuerzo. Dichos trabajos de demolición se llevaron a cabo con la ayuda de una rompedora de tipo neumático.

Para realizar estas demoliciones, primero se hizo la excavación del área que ocupan los dados y trabes con la ayuda de una retroexcavadora, complementada con picos y palas, y para el desalojo del material se ocupó un cargador frontal.

Para el colado de los dados y las trabes de liga, si fue necesario utilizar cimbra, se optó por madera en tablonés, polines y pedacería, ya que el área por cimbrar era relativamente pequeña.

5.- Realizado el armado de las trabes y de los dados en la parte superior de las pilas se colocaron las anclas que determinan la conexión entre el refuerzo y la cimentación. Estas anclas llegan hasta una profundidad de 1.75 mts. a partir del terreno natural y se amarraron con alambre al refuerzo de la pila descubierto.

Terminado el colado de estos elementos, se uniformizó la superficie de los dados de concreto mediante la aplicación de una capa de grout, con lo que fue posible colocar las placas base de las columnas. Con esto quedó lista la cimentación para comenzar el montaje del refuerzo tridimensional.

En la sig. figura (3.3), se observa la posición de las anclas en el refuerzo de la pila.

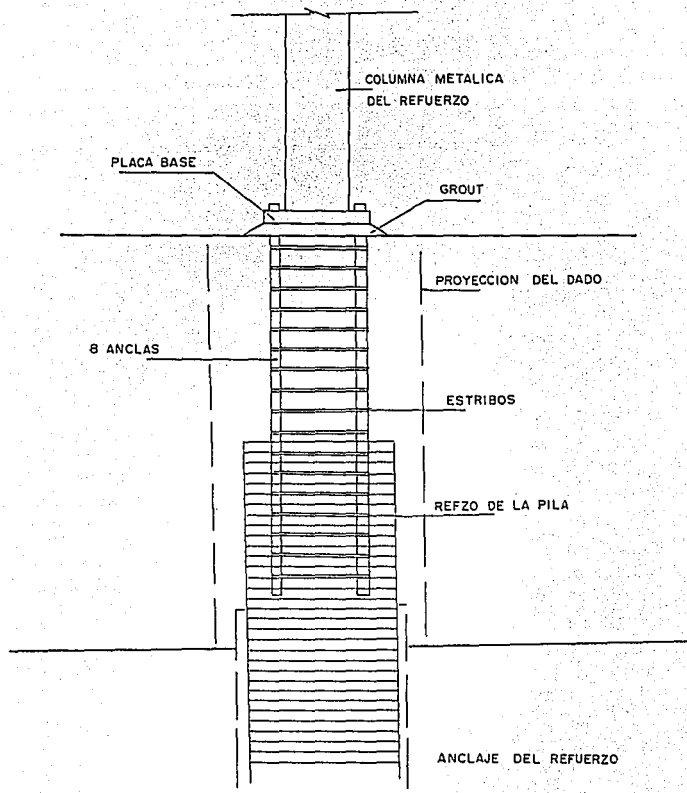


FIG. 3.3.

3.3.2. Preparación de los Elementos Para Hacer Posible su Conexión

La preparación de un elemento para su montaje se realizó en el lugar y con la intervención de grupos de tres o cuatro personas, encargadas de realizar los cortes de los tubos y de las placas, así como de aplicar la soldadura requerida.

Las perforaciones en las placas para los tornillos, fueron hechas en el sitio donde se instalaron tres taladros magnéticos para habilitar a las diferentes cuadrillas que se encontraban laborando.

El taladro que se utilizó para realizar todas las perforaciones que fueron necesarias se fijó en un soporte sólido, esto con el fin de mantener perfectamente fija la placa a perforar y en posición perpendicular a la broca, con lo que se logran orificios bien dimensionados.

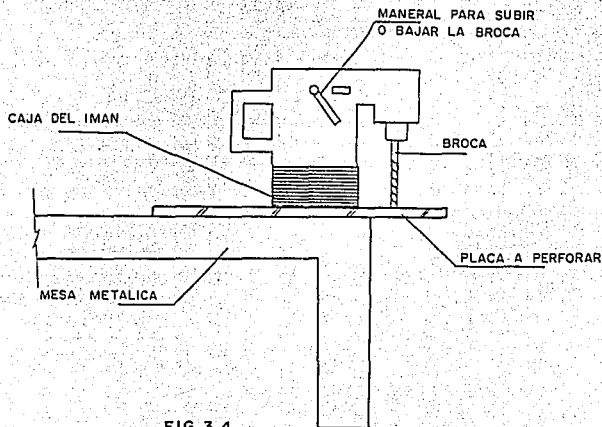
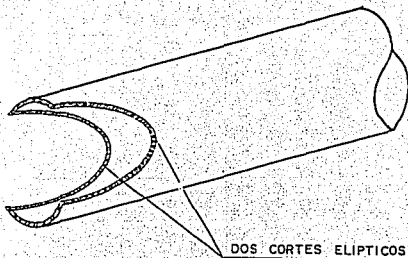


FIG.3.4

BARRENACION DE PLACAS

El taladro se adapta a diferentes diámetros de broca, y cada perforación se hace en menos de cinco minutos.

Los cortes realizados en los elementos tubulares y en la fabricación de las placas de conexión, fueron hechos con soplete, suministrado con gas butano y oxígeno mezclados en igual proporción. Previo al corte de los tubos se realizó el trazo de la forma requerida, la cual generalmente fué semejante a una elipse como se observa en la figura siguiente.



CORTES EN TUBO

FIG. 3.5.

En algunos casos se hicieron también ranuras en el tubo para insertar alguna placa y fijarla mediante soldadura, esto dependiendo del tipo de conexión a realizar.

De acuerdo a lo anterior, la manera en que se prepararon los elementos tubulares para hacer posible su conexión, tuvo variantes en cuanto a la disposición de las placas, como a continuación se describe.

La preparación más sencilla en el extremo de un elemento consiste en fijar una placa en su interior, para lo cual se tuvo antes que realizar el recorte en forma elíptica, con lo cual fue posible aplicar la soldadura en la línea de contacto entre la placa y el perímetro interior del tubo.

La placa mencionada siempre presenta perforaciones donde se colocaron tornillos para la conexión entre elementos.

La conexión se realiza entonces con tornillos y el único elemento de liga es la placa dentro del perfil. (FIG.3.6)

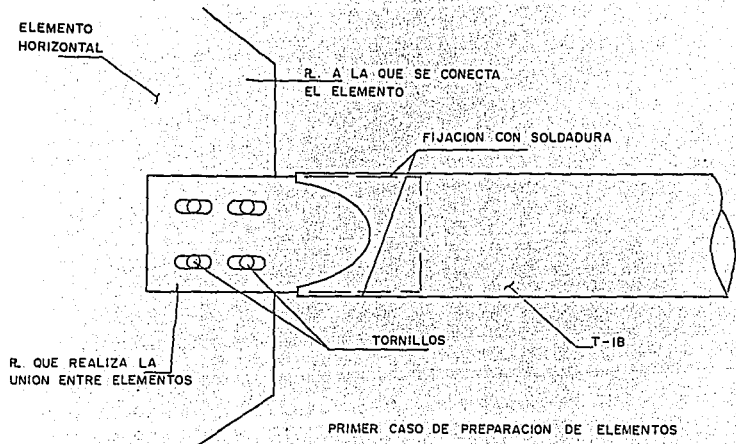


FIG. 3.6.

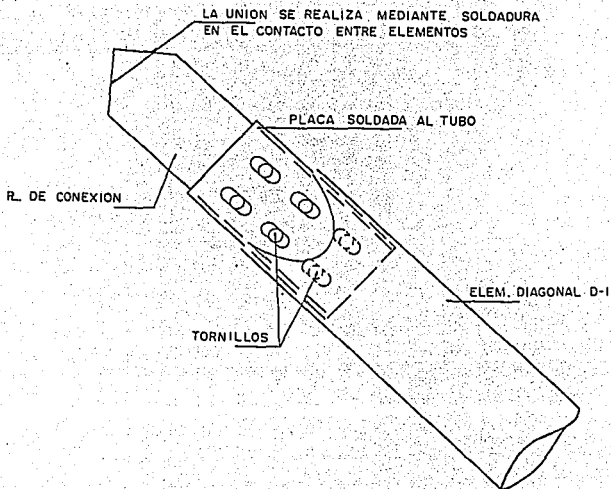
Esto se puede ver en los montantes T-18, que se ligan a la placa horizontal de la conexión con la estructura de concreto.*

El procedimiento seguido para esta preparación, y de forma general, consistió en lo siguiente:

- a) Recorte en el tubo en la forma antes descrita.
- b) Recorte de la placa o placas a instalar, y perforación de las mismas con taladro.
- c) Fijación de una placa dentro del elemento mediante soldadura y conexión de ésta con otra u otras mediante tornillos, como se observa en los siguientes casos.

* VER FIG. 2.14 (Pág 39)

Otro tipo de preparación en un elemento consiste en una disposición de dos placas conectadas entre sí con tornillos, y en sus extremos fijadas con soldadura, como se aprecia en la figura siguiente.



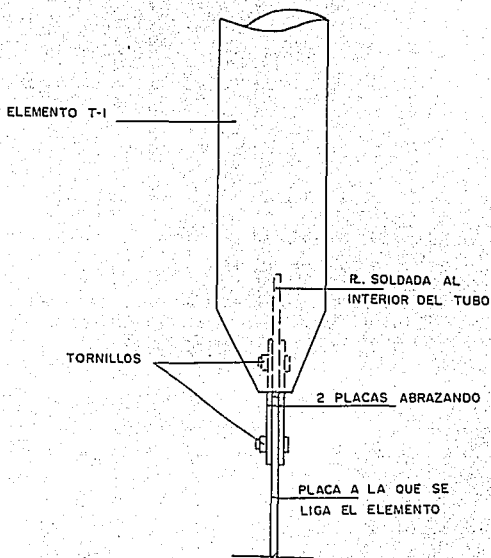
SEGUNDO CASO DE PREPARACION DE ELEMENTOS

FIG. 3.7.

Esta forma de conexión se presenta en las diagonales D-1 en el extremo que va hacia la conexión con las estructura de concreto, también se observa en los elementos que forman las columnas C-1A (FIG. 2.18)

En todos estos casos de empalmes de placa por lo general una de ellas presenta orificios alargados y la otra agujeros estándar que como se aprecia en la figura de arriba.

El tercer caso de preparación de elementos para su conexión consiste en un acomodo de tres placas atornilladas entre sí y fijadas en sus extremos con soldadura, uno de estos extremos corresponderá al elemento metálico en turno y el otro al sitio donde se pretende ligar este tubo. (FIG. 3.8)



TERCER CASO DE PREPARACION DE ELEMENTOS

FIG. 3.8.

Este tipo de preparación se presenta de forma general en los montantes T-1 y T-1A, así como en el extremo de las diagonales que concurre a las columnas C-1A.

3.4. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE

Después de terminado el trabajo de preparación de el elemento resistente en turno, se procedió a colocarlo ya como parte del refuerzo tridimensional.

Para realizar la colocación de los elementos habilitados, se requirió de un grupo de cinco o seis personas, dependiendo de la dificultad de la maniobra a realizar, es decir, entre más altura había que salvar y entre mayores dimensiones tuviera el perfil, el montaje llevaba más tiempo.

Para esto se utilizó un malacate de una tonelada de capacidad para elevar el tubo, además de poleas, ganchos y sogas para facilitar este trabajo.

Lo primero que se hizo fue ubicar la colocación de poleas en la azotea de la estructura para tener puntos de apoyo en lo alto y colocar todo el equipo necesario para subir el elemento. Los tubos se aseguraron antes de elevarse con sogas, de forma que se pudieran sujetar con uno o varios ganchos.

Para colocar elementos verticales se hizo la sujeción con ganchos en un extremo, de tal forma de hacerlos llegar al refuerzo en su posición definitiva.

En la colocación de diagonales, el amarre fue diferente al de los elementos verticales, los ganchos se sujetaron en el sitio donde el tubo presentara una posición semejante a la deseada, para realizar el mínimo de movimientos en la colocación.

La ubicación de los tubos en lo alto se hizo con una o dos personas auxiliadas por otras ubicadas en diferentes sitios, algunos desde abajo con sogas amarradas al elemento y otros desde el interior del edificio.

Cuando se tenía ya al tubo en su posición, se aplicaban entonces unos puntos de soldadura con el fin de mantenerlo fijo mientras se colocaban los tornillos que determinaron la conexión.

En la figura sig. (3.9), se aprecia la colocación de los cables para la elevación del elemento en turno. El objetivo de esta disposición fue el de tener puntos de apoyo en lo alto de la estructura existente de concreto.

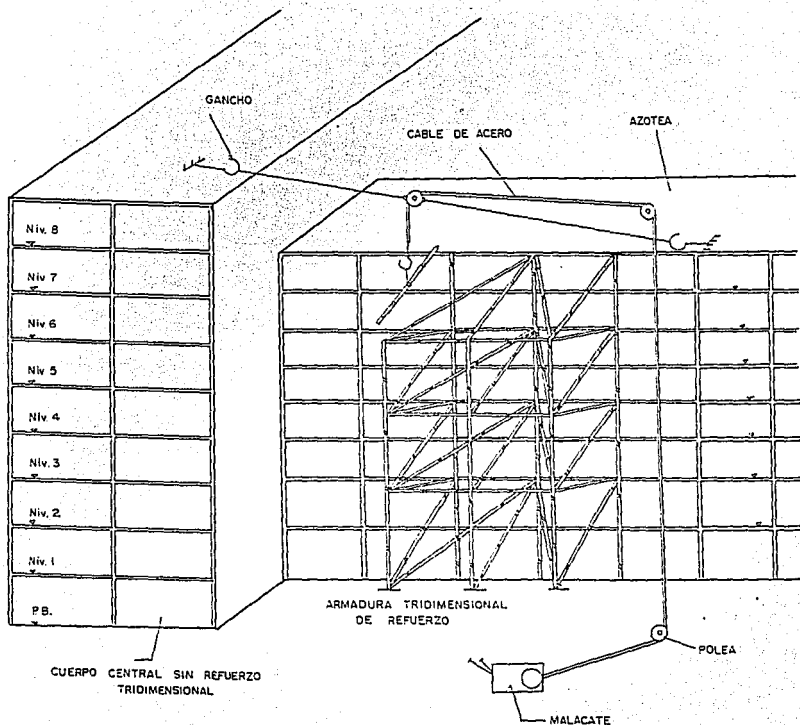


FIG. 3.9.

DISPOSITIVO PARA EL MONTAJE DE ELEMENTOS

RESISTENTES DEL REFUERZO

En general para la fijación no solo de los tubos sino de toda clase de placas con un peso considerable, como por ejemplo las placas horizontales y verticales de la conexión con la estructura de concreto o cualquier otra que se había de instalar en lo alto, se procedió como sigue:

- a) Colocación del cableado de soporte en el lugar, acompañado de poleas y ganchos.
- b) Amarre del elemento firmemente con sogas para engancharlo
- c) Elevación con malacate, dirigiendo la posición entre dos o tres personas auxiliados por sogas y en su caso con el malacate manual (FIG. 3.10)
- d) Fijación provisional del objeto en su posición correcta con puntos de soldadura a retirarse posteriormente.
- e) Colocación de tornillos, arandelas, rondanas, etc.

La operación del malacate manual requiere la intervención de dos personas, quienes aplican su fuerza al dispositivo por medio de una palanca, la cual realiza un trabajo de tracción del cable, y mediante la ayuda de los cables elevan o jalan el elemento hasta conseguir su correcta ubicación.

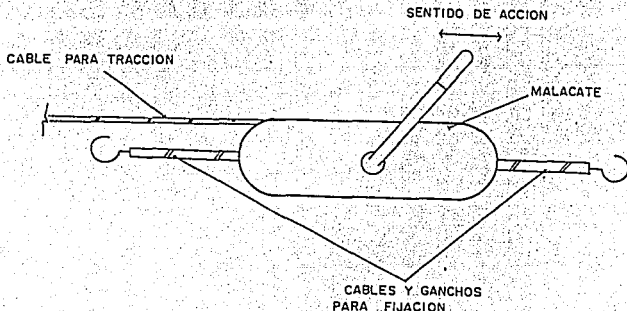


FIG. 3.10

MALACATE MANUAL

3.5. DETALLES Y CONEXIONES

3.5.1.

Conexión Armadura Tridimensional-Estructura de Concreto

La conexión del refuerzo con la estructura de concreto involucró algunos aspectos más, aparte del procedimiento ya descrito, ya que en este caso algunos trabajos pudieron realizarse desde el interior del edificio.

Conforme se avanzaba verticalmente en el montaje de la armadura, se realizaban las conexiones en los nodos correspondientes que concurren a la estructura de concreto. El avance vertical implicaba tener ya la colocación de la placa vertical P-2 en su sitio final, con lo que se procedió a instalar las placas horizontales P-3, estas placas se soldaron a la vertical, y ambas son el soporte de todos los elementos que concurren al nodo. (ver figura 3.11)

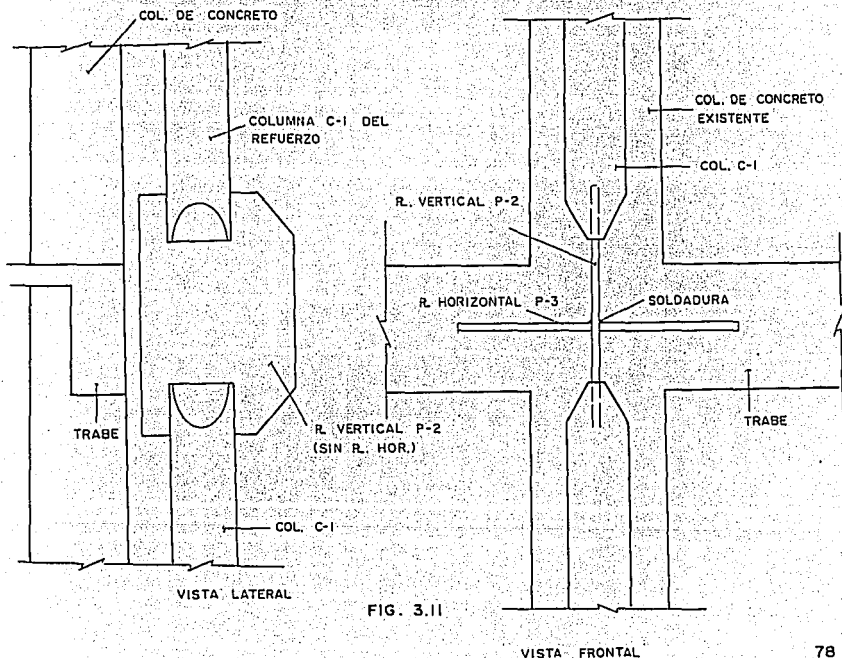


FIG. 3.11

VISTA FRONTAL

Con la instalación de estas dos placas (P-2 y P-3), se procedió a la perforación de los elementos trabe o columna, según el caso, para colocar las anclas que albergan las placas P-1 y P-1A, que presentan dimensiones de proyecto de 20 x 30 cm. y que se encuentran en la columna y traveses en forma de cruz. (FIG. 3.12)

Estas perforaciones se realizaron con un taladro operado por una persona y desde el interior del edificio, cada perforación se llevó un tiempo aproximado de diez minutos. Terminado de hacer este trabajo, se instalaron las placas P-1 y P-1A, sus contraplacas y las anclas y tuercas correspondientes.

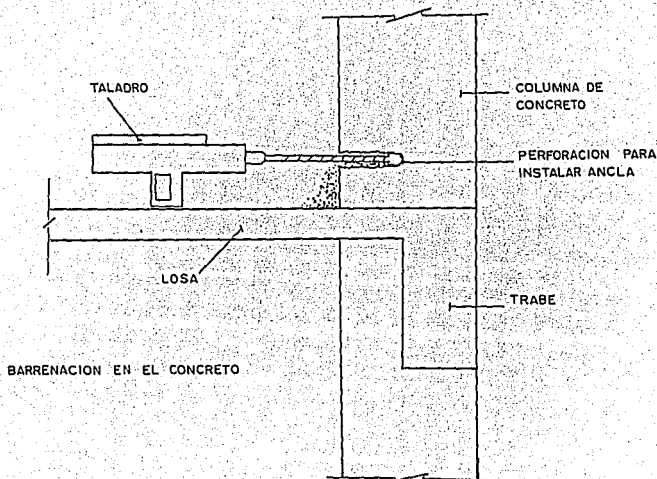


FIG. 3.12

Para unir finalmente las placas horizontal y vertical con las placas recién colocadas, se aplicó soldadura con electrodos en toda la longitud de contacto entre ambos elementos.

Con la instalación de estas dos placas (P-2 y P-3), se procedió a la perforación de los elementos trabe o columna, según el caso, para colocar las anclas que albergan las placas P-1 y P-1A, que presentan dimensiones de proyecto de 20 x 30 cm. y que se encuentran en la columna y traves en forma de cruz. (FIG. 3.12)

Estas perforaciones se realizaron con un taladro operado por una persona y desde el interior del edificio, cada perforación se llevó un tiempo aproximado de diez minutos. Terminado de hacer este trabajo, se instalaron las placas P-1 y P-1A, sus contraplacas y las anclas y tuercas correspondientes.

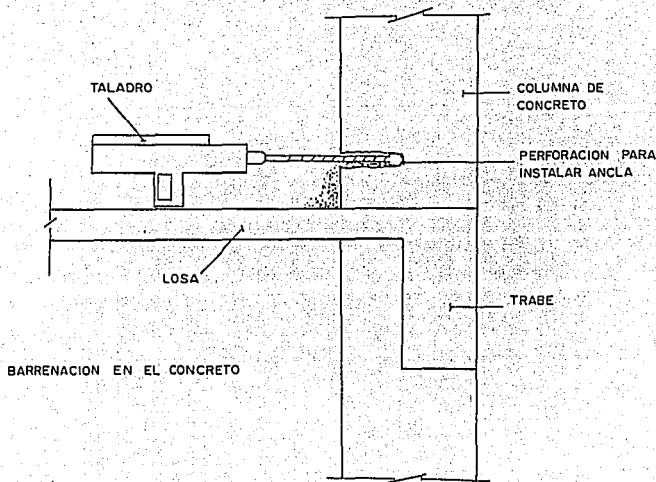


FIG. 3.12

Para unir finalmente las placas horizontal y vertical con las placas recién colocadas, se aplicó soldadura con electrodos en toda la longitud de contacto entre ambos elementos.

3.5.2. Conexión Entre Elementos Resistentes de la Armadura Tridimensional

Como se mencionó antes, para realizar estas uniones se prepararon los elementos tubulares con determinada disposición de placas, para posteriormente montarlos en su posición de proyecto.

La construcción de estas conexiones generalmente se realizaron en lo alto, ya que con la preparación previa de los tubos lo único que había que hacer era colocar los tornillos en los empalmes de placas de los elementos a conectar.

Cuando se colocaron los tubos en posición, se fijaron mediante puntos de soldadura, para después colocar los tornillos y arandelas en las perforaciones de las placas.

Se tiene por ejemplo la conexión que se ilustra en la figura (3.13). Se observa que los elementos concurrentes presentan todos placas en su extremo, las cuales se unen entre sí con tornillos, la placa que tiene forma de cruz es la que determina la conexión entre estos cuatro elementos, esta también se preparó antes de su colocación, recortándola y haciendo los orificios.

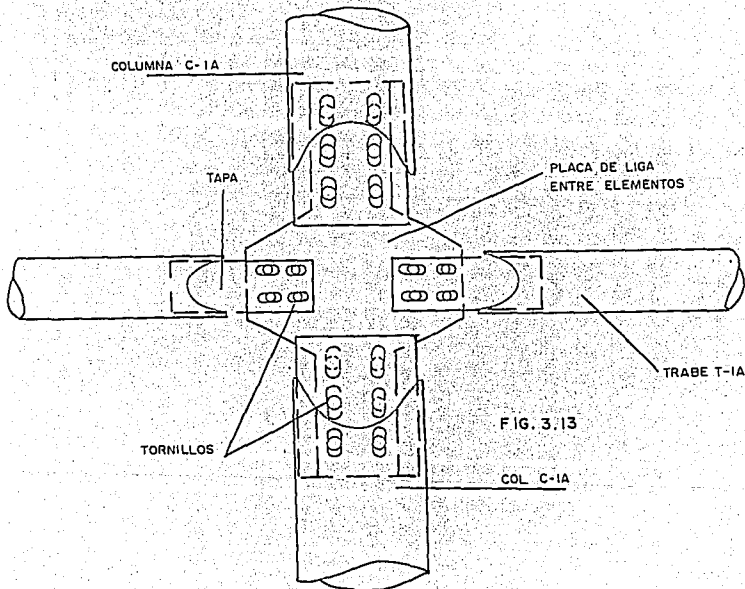


FIG. 3.13

3.5.3. Tapas en los Recortes de los Tubos

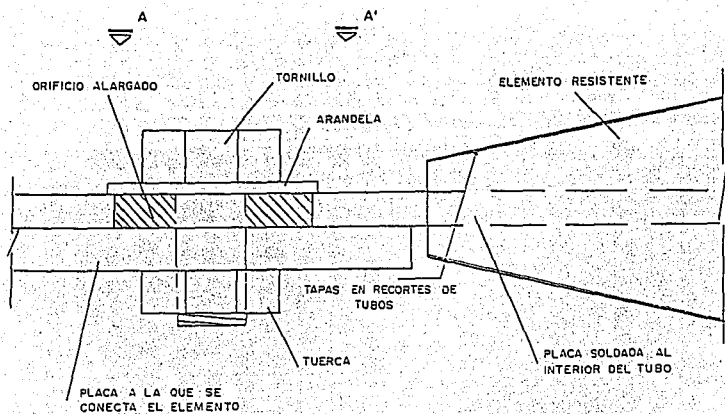
Cuando se colocaron todos los elementos y se realizó el apriete de los tornillos, se procedió a colocar tapas en los recortes hechos en los perfiles (ver fig.3.4)

La función de estas tapas es la de restringir el paso de agentes corrosivos al interior de los elementos tubulares además de dar una visión estética del refuerzo. Estas piezas son de lámina de alta resistencia calibre 18, y se hicieron mediante el trazo de una plantilla, ya que los recortes en los tubos no son idénticos, las tapas resultaron de diferentes tamaños.

3.5.4. Arandelas

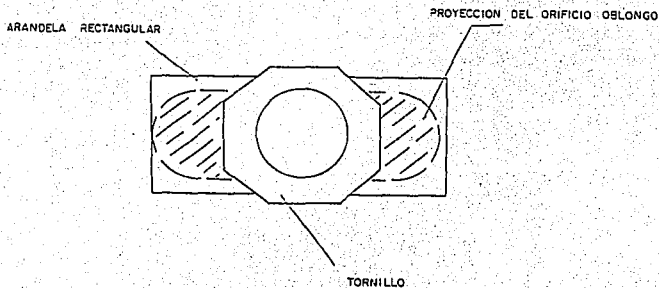
La posición del tornillo con respecto del orificio alargado es al centro, y la posición del tornillo es indistinta, es decir que la cabeza puede quedar del lado del orificio oblongo o del lado del orificio estándar, el comportamiento de la conexión es fundamentalmente el mismo.

La arandela se colocó del lado del agujero alargado, de forma que ésta cubriera toda el área de deslizamiento del orificio, para transmitir por fricción la fuerza aplicada en el apriete de estas piezas (ver vista A-A' de la figura 3.4)



POSICION DE TORNILLO EN AGUJERO OBLONGO

FIG. 3.14



VISTA A-A'
[FIG. 3.14]

3.5.5.

**Superficie de Contacto Entre las Conexiones del Refuerzo
y la Estructura de Concreto Existente**

Dado que la superficie de la estructura de concreto no es totalmente uniforme, las placas colocadas sobre ella (P-1 y P-1A), en algunos casos no asentaron correctamente, se recurrió a la aplicación de un grout que diera la superficie deseada, para que las placas contactaran completamente con el elemento donde se conectaron y se tuviera una distribución uniforme de esfuerzos de compresión que se genera cuando se tensan las anclas.

Es importante respetar esta condición de uniformidad en las superficies, ya que estos elementos estructurales fueron diseñados en el concepto de que la fricción generada con el tensado de anclas representa parte fundamental del comportamiento del refuerzo.

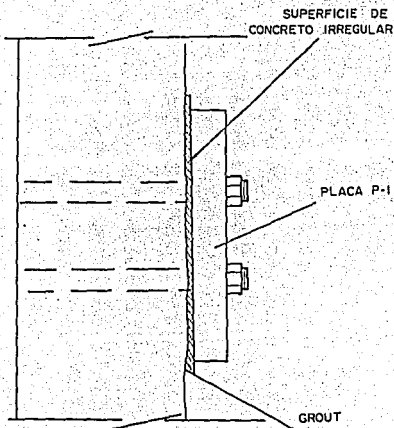


FIG. 3.15

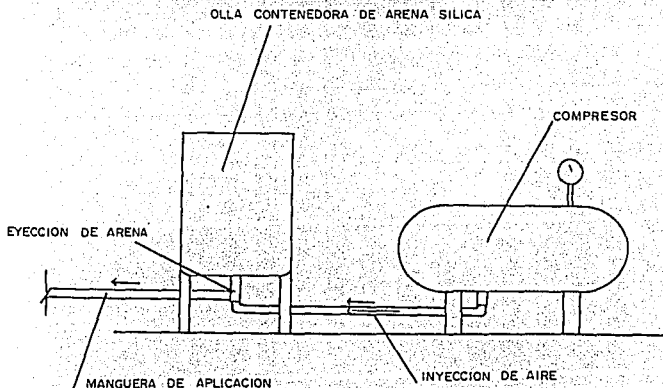
3.5.6. Tratamiento Final con Pintura

Cuando se concluyeron los trabajos correspondientes al montaje de la armadura tridimensional, se comenzaron los trabajos de tratamiento final del refuerzo.

Primero se hizo el "sandblasteado", que consiste en la limpieza de los elementos con arena lanzada a presión. Este trabajo requiere la utilización de una olla contenedora de la arena sílica, una compresora de aire, y manguera, que es el conducto de lanzado.

El objetivo de esta limpieza es eliminar toda la posible corrosión en los tubos que durante su estancia a la intemperie pudieron haber presentado y lograr una limpieza total del elemento, la arena se lanza a presión y se aprecia de inmediato el cambio en el acero ya que desaparece el color opaco de su superficie.

En la siguiente figura se aprecia el dispositivo utilizado para este trabajo.



DISPOSITIVO PARA LA LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS

FIG. 3.16

Se realizó la limpieza de una sola vez en toda la armadura en turno, para inmediatamente terminado esto, aplicar una capa de primario rico en zinc tipo duretano en una capa de 2.5 a 3-5 micras de espesor medido en seco.

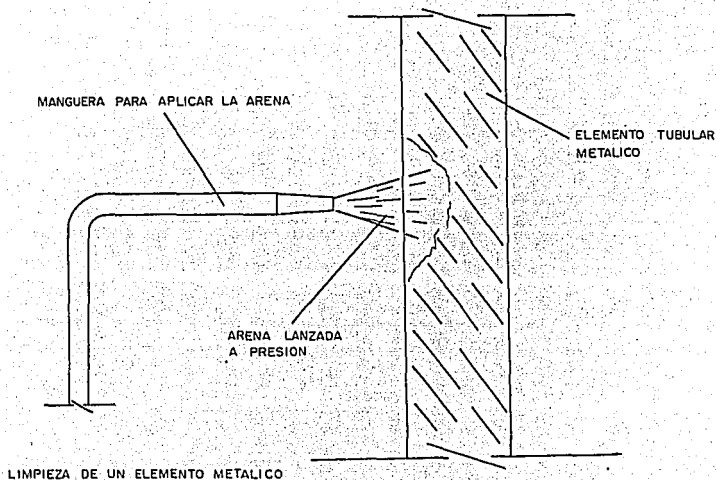


FIG. 3.17

Posterior a la aplicación del primario, se suministraron dos manos de intermedio de aluminio tipo duretano de 2.3 a 3.5 micras de espesor en seco.

Para terminar el procedimiento, se dieron dos manos de acabado de poliuretano de alta resistencia tipo polyner que es el acabado final que ahora presenta el refuerzo.

CAPITULO IV

AJUSTES AL PROCESO CONSTRUCTIVO Y ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD

Durante la construcción del refuerzo tridimensional exterior del hospital 20 de Noviembre, se presentaron algunas situaciones especiales en cuanto a la forma y geometría de la estructura de concreto existente, que por algún motivo no habían sido detectadas originalmente y que derivaron en un desajuste parcial del proyecto estructural que se estaba ejecutando.

Lo anterior ocasionó algunas adecuaciones en el edificio de concreto para la correcta realización de las conexiones del refuerzo metálico con el edificio existente.

Las condiciones mencionadas de forma y geometría son las siguientes:

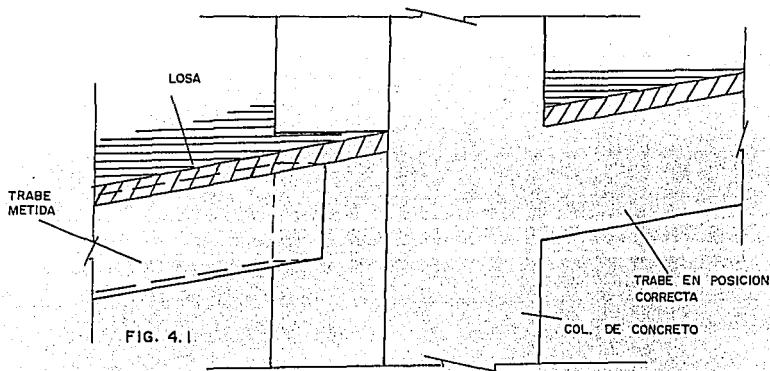
- a) Trabes metidas hacia el paño de la estructura de concreto
- b) Columnas superiores defasadas de las inferiores
- c) Tableros de losa abajo del nivel de los demás
- d) Muros de concreto ligados a columnas de conexión

4.1.

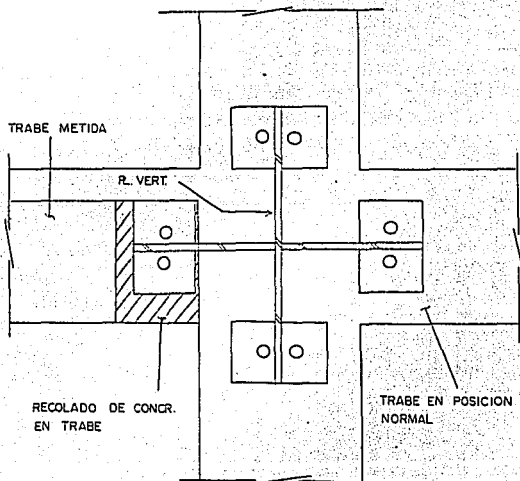
Trabes Metidas Hacia el Paño de la Estructura

Hay trabes de fachada en que algunos segmentos entre ejes transversales no coinciden con el eje longitudinal del elemento, sino que están metidas hacia el paño del edificio.

Como se conoce, las conexiones refuerzo-estructura existente se realizan mediante cuatro placas de unión instaladas dos de estas en columnas (arriba y abajo), y las otras dos en las trabes que concurren al nodo (laterales); Si una de estas trabes se encuentra metida hacia el edificio, entonces la conexión mencionada no se puede realizar correctamente (ver figura 4.1)



Para esta anomalía se tuvo que hacer coincidir la superficie de la trabe irregular con la superficie de las columnas y de la otra trabe, unicamente en la zona de la conexión, lo cual se logró con una ampliación de la sección del elemento colando monolíticamente un pequeño módulo de concreto armado, con lo que se pudo realizar la conexión de forma habitual (figura 4.2.)



VISTA FRONTAL CON LA ADECUACION REALIZADA EN LA TRABE

FIG. 4.2

4.2.

Columnas Inferiores Defasadas de las Superiores

Como se indica algunas columnas de concreto ubicadas en la parte alta del edificio no coinciden en su eje longitudinal con las columnas inferiores, de hecho el defasamiento es gradual de abajo hacia arriba, aun que solamente en la parte alta esto ocasionó alguna adecuación.

En este caso las columnas del refuerzo metálico si presentan una verticalidad adecuada, y al no ser así en la columna de concreto, se presenta la situación en que la placa metálica de unión P-1, que debe hacer corresponder a estos dos elementos (columna existente y de refuerzo), coincide con el elemento metálico y no con el de concreto (o no totalmente, ver figura 4.3.)

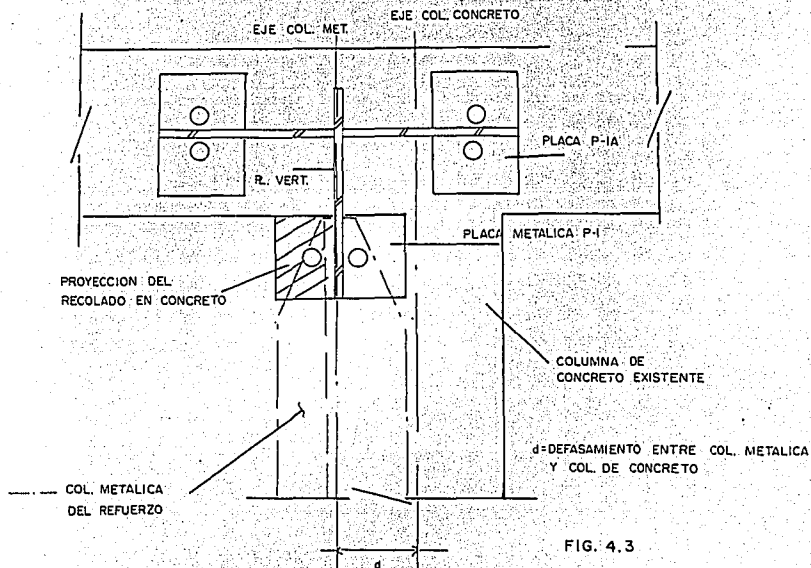


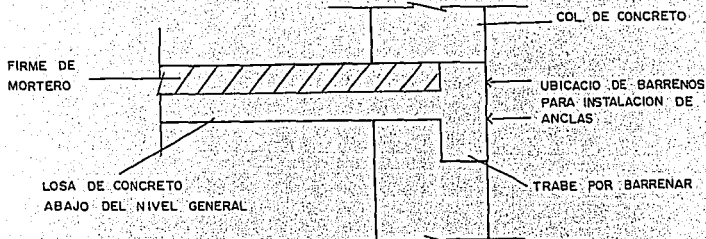
FIG. 4.3

Se hizo entonces una ampliación de la sección del elemento de concreto en la zona de la conexión colando un dado de concreto armado que diera la superficie necesaria para la conexión.

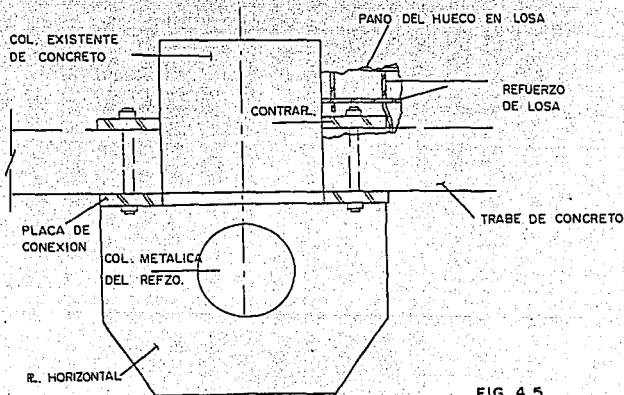
4.3.

Tablero de Losa con un Nivel Inferior al de los Demás

En alguna conexión refuerzo-estructura existente, se presentó la dificultad de realizar las barrenaciones en una de las trabes para la colocación de anclas ya que no se podía atravesar totalmente el elemento por que por la parte interior del edificio lo impedía el tablero de losa existente que se encuentra abajo del nivel normal, (ver figura 4.4.)



Para esto se procedió a romper una pequeña zona de la losa, justo en el sitio donde deben estar las anclas y contraplaca P-1A de conexión que van en la trabe, como se ilustra en la figura siguiente.

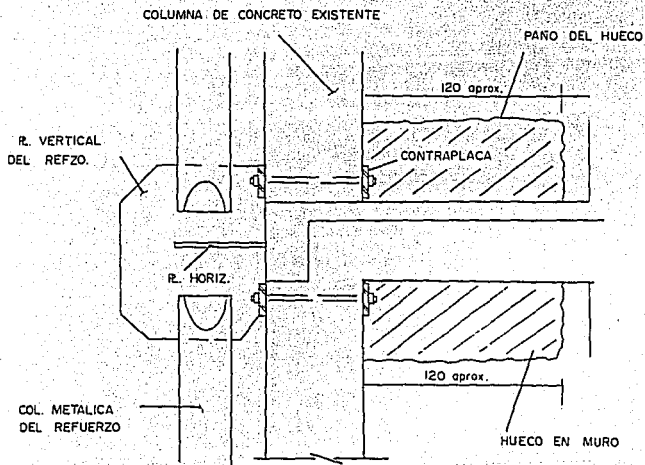


4.4.

Muros de Concreto Ligados a Columnas de Conexión

Este caso es muy similar al anterior ya que al existir un muro de concreto ligado por la parte interior del edificio a una columna de concreto donde se debe realizar una conexión con el refuerzo, no se pueden realizar las barrenaciones correspondientes para la instalación de las anclas y la colocación de la contraplaca P-1 en su sitio de proyecto; ya que es evidente que el muro lo impide.

Este detalle se solucionó rompiendo parcialmente la zona del muro que se liga a la columna de concreto, de tal forma que hubiera el suficiente espacio para barrenar e instalar las anclas y contraplaca que realizan la unión del refuerzo en este sitio. Hecho esto se restituyó el hueco en el muro de concreto con un recolado cuando las anclas estuvieron tensadas (ver figura 4.6.)



VISTA LATERAL

FIG. 4.6

4.5. Algunos Aspectos del Control de Calidad.

Esta obra tuvo un estricto control de calidad por parte de la contratista, impulsado por la supervisión y por los proyectistas. Lo anterior debido a la gran escala en que se realizaron los trabajos para la construcción del refuerzo metálico tridimensional.

Es importante conocer, por ejemplo que se construyeron 14 armaduras de refuerzo exterior, cuya cimentación ocupó aproximadamente 880 m³ de concreto armado.

Sobre esta cimentación se montaron 830 tubos que son los elementos resistentes antes descritos (columnas, montantes y diagonales), se utilizaron 2166 placas para conexiones entre elementos resistentes, y 1398 placas para conexión del refuerzo con el edificio de concreto, se realizaron 2796 barrenaciones en columnas y traveses existentes para la instalación del mismo número de anclas de conexión.

Además de lo anterior se colocaron una gran cantidad de tornillos, tuercas, arandelas, etc. y se aplicó una longitud muy grande de soldadura, además de la aplicación de las sustancias utilizadas para el acabado final con pintura.

Se dió un seguimiento muy riguroso a cada una de estas actividades con la finalidad de mantener el nivel de calidad deseado para esta y para cualquier otra obra civil.

Entre los aspectos más importantes que cabe resaltar dentro de la supervisión en campo se tienen los siguientes:

- a) Control de las desviaciones máximas presentadas en las excavaciones realizadas para el hincado de las pilas para la cimentación, y de la profundidad de éstas.
- b) Revisión de la calidad del concreto utilizado en obra y de los recubrimientos para el acero de refuerzo.
- c) Muy importante resultó la verificación de la posición de las anclas ahogadas en la cimentación, para el empotramiento de las placas base del refuerzo, (se debe dar una precisión muy exacta)

- d) Todas aquellas perforaciones realizadas en las placas metálicas ya fuera para instalación de tornillos o de anclas se hicieron con taladro, asegurándose de dar la holgura especificada en el proyecto.
- e) De igual manera, las barrenaciones en concreto para instalar anclas fueron supervisadas, para evitar desviaciones en su longitud no deseadas.
- f) Además de lo anterior se debió respetar un orden en el apriete de tornillos y en el tensado de las anclas de conexión, se llevó una secuencia de la parte inferior de la estructura hacia la parte superior y de izquierda a derecha. En estas actividades se supervisó que se aplicaran los valores de tensión especificados en el proyecto y descritos en las especificaciones generales presentadas en el capítulo anterior.
- g) Por último cabe indicar que se hicieron pruebas en las soldaduras hechas en campo, estas pruebas consisten en ultrasonido y/o líquidos penetrantes, y tienen como finalidad determinar la existencia de socavación, falta de fusión o falta de penetración de estas soldaduras; y entonces dado el caso, proceder a retirarlas para una nueva aplicación.

También en la pintura aplicada a las armaduras se hicieron pruebas de control de calidad para determinar la adherencia obtenida entre las capas de poliuretano y los elementos metálicos.

CONCLUSIONES

En los siguientes párrafos se mencionan aspectos importantes de la experiencia obtenida durante el proceso de construcción del refuerzo exterior del Centro Hospitalario 20 de Noviembre.

UN CONCEPTO INNOVADOR

El sistema de refuerzo presentado en este trabajo, constituye parte importante en la evolución de un concepto estructural muy joven que viene siendo aplicado alternativamente en el refuerzo de edificios existentes.

Sin embargo éste tipo de sistema colocado exteriormente en forma de armadura es algo totalmente nuevo. En el mismo edificio se utilizó este sistema en forma de contraventeos diagonales interiores, (como se menciona dentro del texto).

Se manejan en ambos casos las mismas bases teóricas para la utilización de conexiones atornilladas con orificios oblongos que permitan el deslizamiento de las placas conectadas, ante la acción de fuerzas extraordinarias.

ASPECTO CONSTRUCTIVO

Este punto resulta de mucha importancia, ya que finalmente es aquí donde se valúa que tan práctico resulta ejecutar un proyecto con ideas nuevas y sobre todo que tan rentable es.

En este caso nos encontramos con que las actividades y maniobras llevadas a cabo pudieron ser clasificadas y programadas fácilmente ya que no se manejaron conceptos aislados, sino que cada uno se aplicó de manera generalizada.

Por otra parte el equipo y el material que se utilizó es el que existe en el mercado y que además se emplea de manera constante en las diversas obras civiles que se vienen realizando

La armadura en su totalidad esta hecha de acero; placas, tubos, anclas, etc. La diversidad de materiales es mínima y se pudieron adquirir en volúmenes grandes, lo que representa una ventaja en el costo total y una fácil clasificación en el almacén.

Incluso, algún sobrante de los tubos se aprovechó en algún sitio del inmueble para instalar barandales o como soporte de algún equipo pesado (tanques de almacenamiento de agua o gas).

El refuerzo exterior, como ya se conoce consta de 14 armaduras tridimensionales, lo importante es que todas son de acuerdo a un diseño tipo y en consecuencia las piezas que las forman, se repiten y es posible fabricarlas conforme avanza la obra con mayor calidad y más rápido.

CONTROL DE CALIDAD.

Como se hizo referencia en el capítulo cuatro, es indispensable mantener un buen nivel en los trabajos ejecutados para cualquier obra civil. En este caso, por ejemplo no se pueden pensar en soldaduras mal ejecutadas o en elementos mal hechos e instalados (tubo o placa) o en falta de tornillos en alguna conexión, etc.

Es por ello que se debe dar seguimiento a cada actividad, sobre todo en una obra de gran magnitud como lo fue ésta, donde hay un gran volumen de material habilitado, donde hay un gran número de gentes trabajando simultáneamente, donde se avanza rápidamente en diferentes rubros y se requiere de una supervisión constante y rigurosa que sea capaz de visualizar situaciones no previstas y solucionarlas de inmediato.

ARQUITECTURA

Resulta muy interesante como éste dispositivo de refuerzo además de cumplir una función primordialmente estructural forma parte importante de la idea arquitectónica de fachadas.

Todo el contexto visual gira en torno a las armaduras instaladas en las dos grandes vistas que tiene el hospital, y es claro también como se ofrece un gran nivel de eficacia con este refuerzo.

La forma cilíndrica de los elementos resistentes es además estética y predomina incluso en los interiores y en la obra exterior.

IMPACTO SOCIAL

El funcionamiento de este centro social hospitalario tan importante, satisface una gran demanda de servicios médicos de la población de ésta ciudad.

Con su funcionamiento descentraliza en gran medida otras unidades médicas que tuvieron que cubrir el importante volumen de derechohabientes que se centraron en ellas parcialmente.

Es necesario dar término a la obra en el tiempo programado y con la calidad que esta obra requiere.

MANEJO DE PERSONAL

Esta obra requirió de una gran población para ser ejecutada, gente conocedora del manejo del acero: cortadores, soldadores, pintores, pulidores, etc.

La actividad de cada uno fue bien definida desde el inicio, sin embargo por el número de trabajadores se tuvieron que dividir las actividades a supervisar, así encontramos supervisores para un grupo de soldadores que se centraron en una zona de la obra, mientras otros se dedicaban a otra zona y a otro grupo.

Estos supervisores llevaron hasta el término los trabajos bajo su responsabilidad; terminado esto se enfocaron a otro rubro el cual respondía a las necesidades del programa de obra planteado.

Unicamente algunas observaciones fueron pertinentes durante el desarrollo de la obra, sobre todo en las cuestiones de demolición de concreto ya que la ubicación de los barrenos para anclas se requiere de cierta precisión, y aquí fue importante la destreza del operador del equipo.

Una cuestión importante para cualquier obra es la de reunir gente capacitada y calificada, soldadores por ejemplo, ya que de no ser así se corre el riesgo de tener retrasos importantes en algún frente, lo que no ocurre (según se observó) cuando se avanza con el personal indicado.

B I B L I O G R A F I A

1. Cuevas-Robles
DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO
Limusa, México, 1988
2. De Buen López de Heredia Oscar
APUNTES DE DISEÑO ESTRUCTURAL
Facultad de Ingeniería, UNAM.
3. González Robles
ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO
Limusa, México, 1990
4. D.D.F.
REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL D.F.
México, 1987
5. D.D.F.
NTC PARA DISEÑO POR SISMO
México, 1987
6. MANUAL DEL PROGRAMA STRUDL
7. MANUAL AISC. 1989