

24  
113



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**Evaluación Detallada de Algunos Edificios  
Dañados en los Sismos de  
Septiembre de 1985**

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A:  
Carlos de Jesús López Navarrete



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

## INDICE

1. Objetivo y Alcance	7
2. Procedimiento del levantamiento de daños	8
3. Aplicación del procedimiento en el levantamiento de daños de algunos edificios	11
4. Métodos aproximados de la evaluación de la seguridad sísmica de edificios existentes	91
5. Evaluación de la seguridad sísmica de los edificios estudiados	110
Agradecimientos	152
Bibliografía	153

## 1. OBJETIVO Y ALCANCE

En el presente trabajo se hace la evaluación detallada de 7 edificios de la ciudad de México dañados durante los sismos de Septiembre de 1985. En estas evaluaciones se proporciona información detallada y organizada sobre las principales características de los edificios mencionados así como de sus daños estructurales. La presentación de los daños en los elementos estructurales pretende dar una visión rápida y en conjunto del grado de daños y la localización general de éstos.

Para complementar la evaluación se intenta determinar la seguridad sísmica de los mismos edificios, antes de que ocurriera el sismo. El método de evaluación utilizado considera únicamente las características geométricas de los elementos que conforman la estructura sin tomar en cuenta los problemas dinámicos, por lo que es de carácter meramente estático. En dicha evaluación no se consideran los efectos de la cimentación, sino que solamente toma en cuenta las características de la superestructura. El método de evaluación está dividido en dos procedimientos, el primero de carácter general fué aplicado a los 7 edificios mientras que el segundo, de mayor detalle que el primero, fue solamente aplicado, a modo de ejemplo, a un piso en dos edificios.

El único aspecto dinámico considerado fue la medición del período fundamental de vibración en todos los edificios evaluados, esto con la finalidad de complementar la información, pues se pretende que en un futuro dicha información sirva de base para evaluar los edificios desde el punto de vista dinámico, por medio de programas de computadora.

## 2. PROCEDIMIENTO DEL LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

El presente trabajo cubre la evaluación detallada de 7 edificios de la ciudad de México de los cuales fue posible contar con información completa sobre su estructura, además de tener acceso a éstos cuando se encontraban con la estructura descubierta (sin tapiz, alfombras, etc.); pero antes, y con tiempo suficiente para hacer un levantamiento de daños, de que comenzaran a repararlo. En algunos casos el levantamiento se complementó con mediciones hechas a la estructura después del sismo, como pruebas a corazones de concreto, hundimientos diferenciales, etc.

Entre los edificios de los cuales se tenía información fueron elegidos aquellos que eran representativos de la construcción de la ciudad de México, evitando aquellos cuya estructuración fuera demasiado compleja, o no fuera únicamente de concreto reforzado. También se evitaron aquellos edificios en donde la respuesta al sismo se viera influenciada por factores "externos" a éste como por ejemplo el choque con edificios colindantes.

En ninguno de los casos se incluye levantamiento de daños de la cimentación por el difícil acceso que se tiene a éstas, sobre todo después de un sismo. En cuanto a los elementos no estructurales tampoco se hizo un levantamiento de daño detallado.

No fue posible hacer la medición de los períodos fundamentales de vibración en el estado original en que quedaron los edificios inmediatamente después del sismo. En la mayor parte de los casos los edificios se encontraban completamente vacíos, los recubrimien

tos de columna habían sido retirados y tenían algún apuntalamiento. La medición fue hecha con un acelerógrafo portátil.

Se comprobó si había coincidencia entre las características de la estructura marcadas en planos y las de campo, en algunos casos se encontraron discrepancias.

El grado de daño dentro del cual se clasifican los distintos elementos estructurales se divide en 5 niveles de acuerdo a la tabla 1; éste nivel de daño se encuentra dentro de un cuadrado junto al elemento al cual clasifica.

En algunos casos no fue posible hacer el levantamiento de daños de algunos elementos estructurales; dichos elementos se encuentran claramente marcados en los croquis.

En cuanto a los croquis en que se marcan los daños cabe señalar que no se encuentran a escala, sin embargo los daños dentro de los elementos sí están a la misma escala que éstos.

NIVEL DE DAÑO	DAÑO EN EL ELEMENTO
I	Grieta visible en la superficie del concreto con ancho menor de 0.2 mm
II	Grieta visible en la superficie del concreto con ancho entre 0.2 mm a 1.0 mm
III	Desprendimiento del recubrimiento de concreto. Grieta visible en la superficie del concreto con ancho mayor a 1.0 mm
IV	Desprendimiento del recubrimiento de concreto con exposición de acero.
V	Exposición de acero y pandeo del mismo.

TABLA 1

### 3. APLICACION DEL PROCEDIMIENTO EN EL LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DE ALGUNOS EDIFICIOS

Se presentará un breve resumen de las características estructurales más importantes de los 7 edificios levantados con la finalidad de dar una visión de conjunto.

Todos los edificios se encuentran localizados dentro de la llamada zona de lago, el año de construcción de 2 de éstos es posterior a 1979 y ninguno es anterior a 1957; 5 están formados por losa reticular y columnas, y 2 por marcos de concreto; éstos dos últimos junto con uno de losa reticular son los únicos que tienen muros de concreto para resistir cargas laterales; en cuanto al número de niveles, 4 edificios tienen más de 10 niveles y los restantes entre 5 y 10 niveles; solamente 2 se encuentran en esquina; el uso al que se encontraban destinados abarca casi todos los casos más comunes debido a que 4 edificios eran utilizados como habitación u oficinas y los restantes como talleres de costura y comercios. En cuanto a la resistencia nominal del concreto utilizado se encuentra dentro de un intervalo de alrededor de  $200 \text{ kg/cm}^2$  mientras que el acero de refuerzo en general fue de grado 42 a excepción de un edificio en donde fue utilizado acero TOR 60 .

A continuación se presentan los levantamientos realizados a los edificios. Al término del capítulo se hacen comentarios de tipo general. La información sobre cada edificio está resumida en un formato único que se adoptó para el levantamiento. No se incluyen la totalidad de los levantamientos detallados de daños y propiedades, solamente algunos croquis típicos.

## EVALUACION DETALLADA DE ESTRUCTURAS DAÑADAS

### 1. Datos generales

- 1.1 Clave del edificio: LR12-01
- 1.2 Ubicación:
- 1.3 Uso: Oficinas; comercio en PB; estacionamiento en sótano y dos primeros pisos
- 1.4 Tipo estructural: Losa reticular, columnas con muros de concreto, cimentación en cajón, pilotes de fricción
- 1.5 Número de pisos: PB + 11 niveles + sótano; planta trapezoidal en esquina
- 1.6 Fecha construcción: 1980-1982

### 2. Descripción de la estructura

- 2.1 Planta. Ver figura 1  
5 claros de 6 m en dirección larga y 3 claros de dimensión variable en dirección corta
- 2.2 Cortes verticales. Ver figura 2  
Altura constante de entrepiso, 2.75 m
- 2.3 Detalles estructurales relevantes  
Dos fachadas de colindancia (sur y poniente) tienen muros de tabique contraventeados  
Las otras dos son abiertas con pretilas de concreto no uniformes  
Los niveles 1 y 2 son de estacionamiento con rampas de

concreto

El muro de concreto de la fachada norte no está ligado a la estructura y no puede tomar momentos de volteo. Los tres muros del cubo sí lo están.

#### 2.4 Cimentación

Parrilla de contratraves invertidas de 1.5 m, con contratraves secundarias y con 33 pilotes de fricción

#### 2.5 Comentarios y datos generales

El concreto es nominalmente de  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y el acero grado 42

La estructuración es muy asimétrica. Hay columnas cortas en sótano y en zona de rampas

### 3. Descripción de daños

- 3.1 Descripción general: Hay daño generalizado en la losa plana alrededor de las columnas en el lecho inferior, con desprendimiento del concreto y pandeo del refuerzo. Las grietas salen en dirección radial desde el perímetro de la columna. En el lecho superior se aprecian grietas correspondientes a líneas de fluencia aproximadamente a un peralte de la cara de columna y en la dirección corta. No solo en pisos superiores sino también en los inferiores (ver figuras). Las grietas en el lecho superior coinciden con el extremo del capitel.

Hay daño generalizado en columnas, consistente en

agrietamiento vertical, horizontal y diagonal en cada caso, con desprendimiento del recubrimiento y pandeo del refuerzo en ocasiones. También hay desgarramiento del concreto en las esquinas. El nivel de daño es similar en las dos direcciones.

Los muros de concreto tienen agrietamiento diagonal abundante. El muro de fachada tiene una falla horizontal en su arranque. Las rampas de escalera están agrietadas.

Los muros de mampostería de fachada están muy agrietados y en muchos casos se destruyeron totalmente

### 3.2 Gráficas de daño

Se muestran daños típicos en losa plana (figuras), y en columnas (figuras).

En otras figuras se muestran daños en marcos típicos.

Los daños en columnas se concentran en los niveles 2 a 6; son menores en PB.

### 3.3 Otros daños

El edificio chocó con sus adyacentes en los linderos este y sur. El edificio al sur resultó significativamente dañado por el choque.

El edificio presenta un hundimiento general y una inclinación hacia el extremo norte que se hundió cerca de 7 cm mientras que al sur se levantó 4 cm. Hay evidencia de un

asentamiento local del cubo de elevador con máximo de 11 cm. Hay indicio de giro permanente de las plantas en el sentido inverso a las manecillas del reloj, solo en los pisos superiores y con centro en la esquina sur poniente

#### 4. Verificación de las propiedades de la estructura

##### 4.1 Dimensiones y armados

No hay discrepancias significativas en las dimensiones de proyecto excepto en los claros que difirieron hasta en 30 cm

El refuerzo en general concuerda con el especificado. Excepto la ausencia de una malla de refuerzo en la capa de compresión que sí estaba indicada en planos.

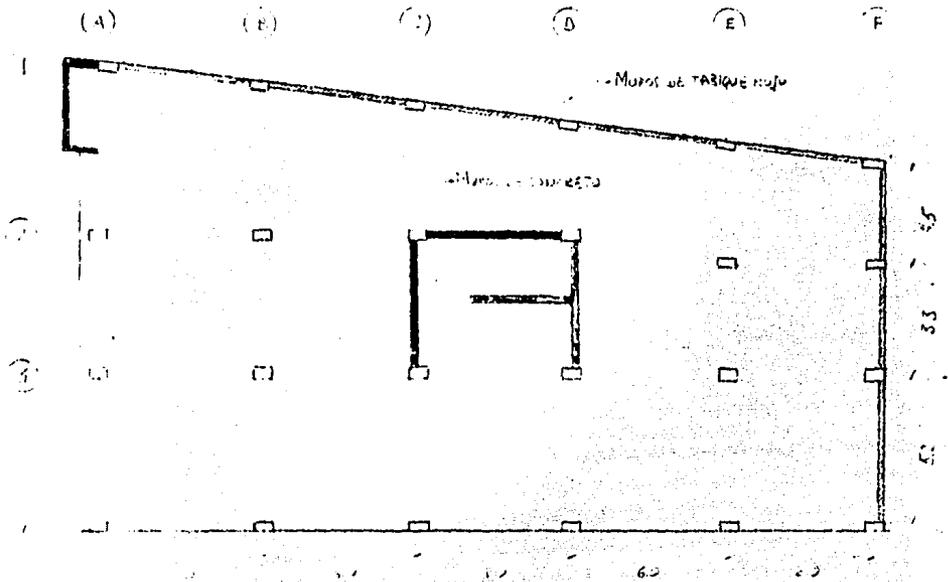
##### 4.2 Calidad del concreto

Se tomaron tres núcleos en una columna de cada piso. La resistencia mínima fue de 210 y la máxima de  $400 \text{ kg/cm}^2$ . El promedio en la parte central de las columnas fue de  $248 \text{ kg/cm}^2$ . Se considera que la calidad es satisfactoria para una resistencia de proyecto de  $200 \text{ kg/cm}^2$ .

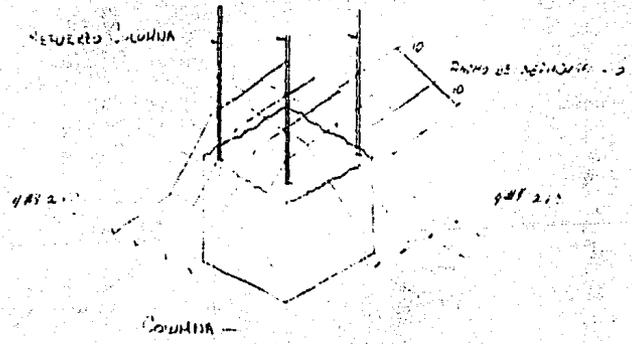
##### 4.3 Medición de periodo

Se encontró un periodo natural de 2.3 seg en dirección transversal y de 1.7 en la longitudinal. La estimación del modo de vibración indica un desplazamiento significativo en la base.

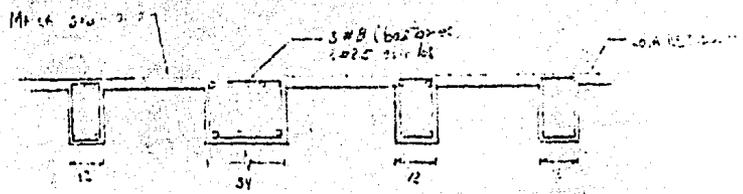
# YESO CON FALLAS DE ORIGEN



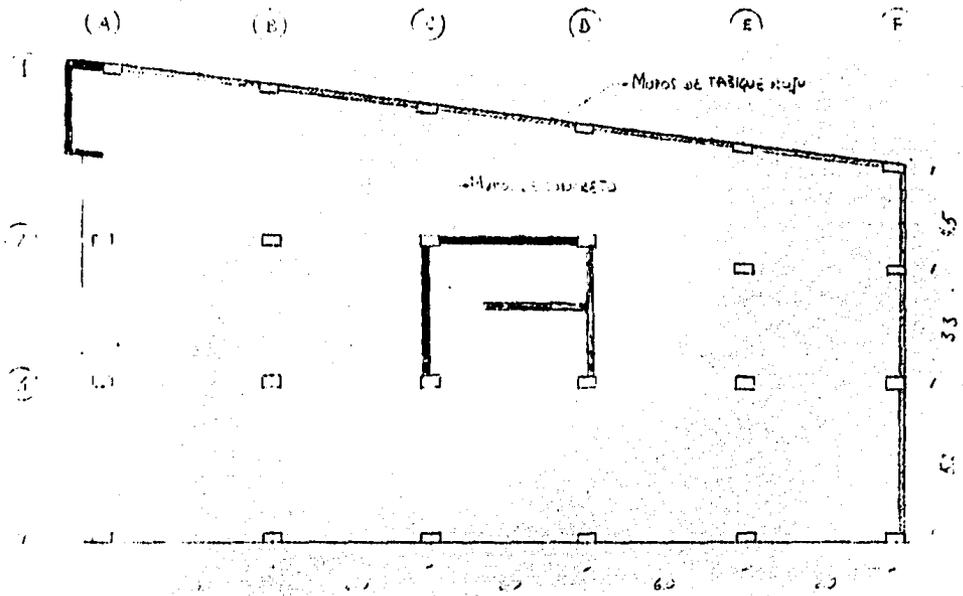
PLANTA TIPICA



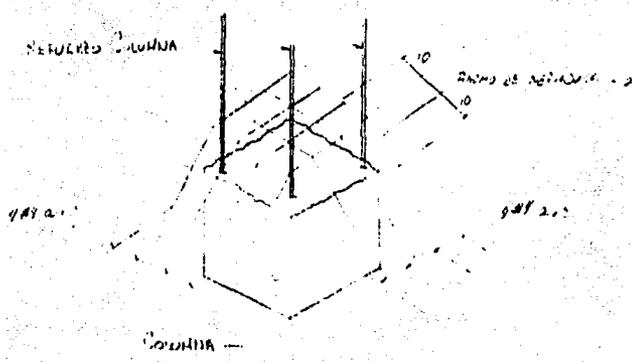
ARMADO DE CAPITEL



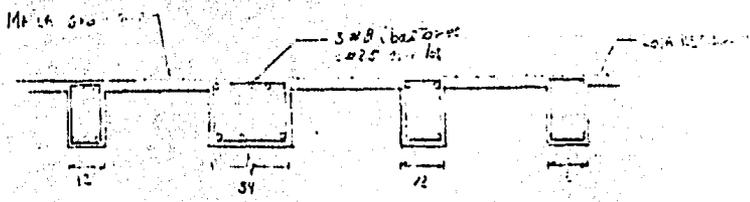
ARMADO TIPICO DE LOSA



PLANTA TIPICA

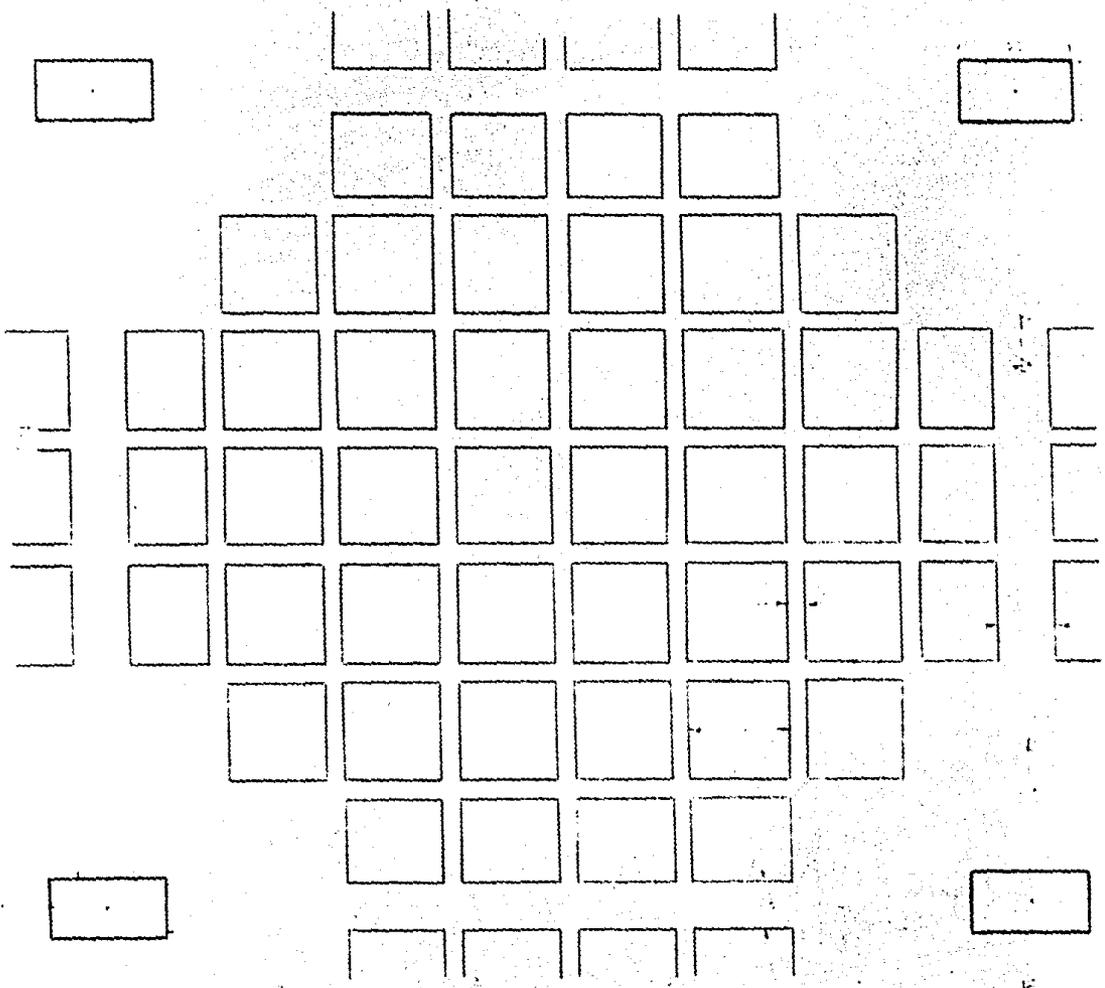


ARMADO DE CAPITEL



ARMADO TIPICO DE LOSA

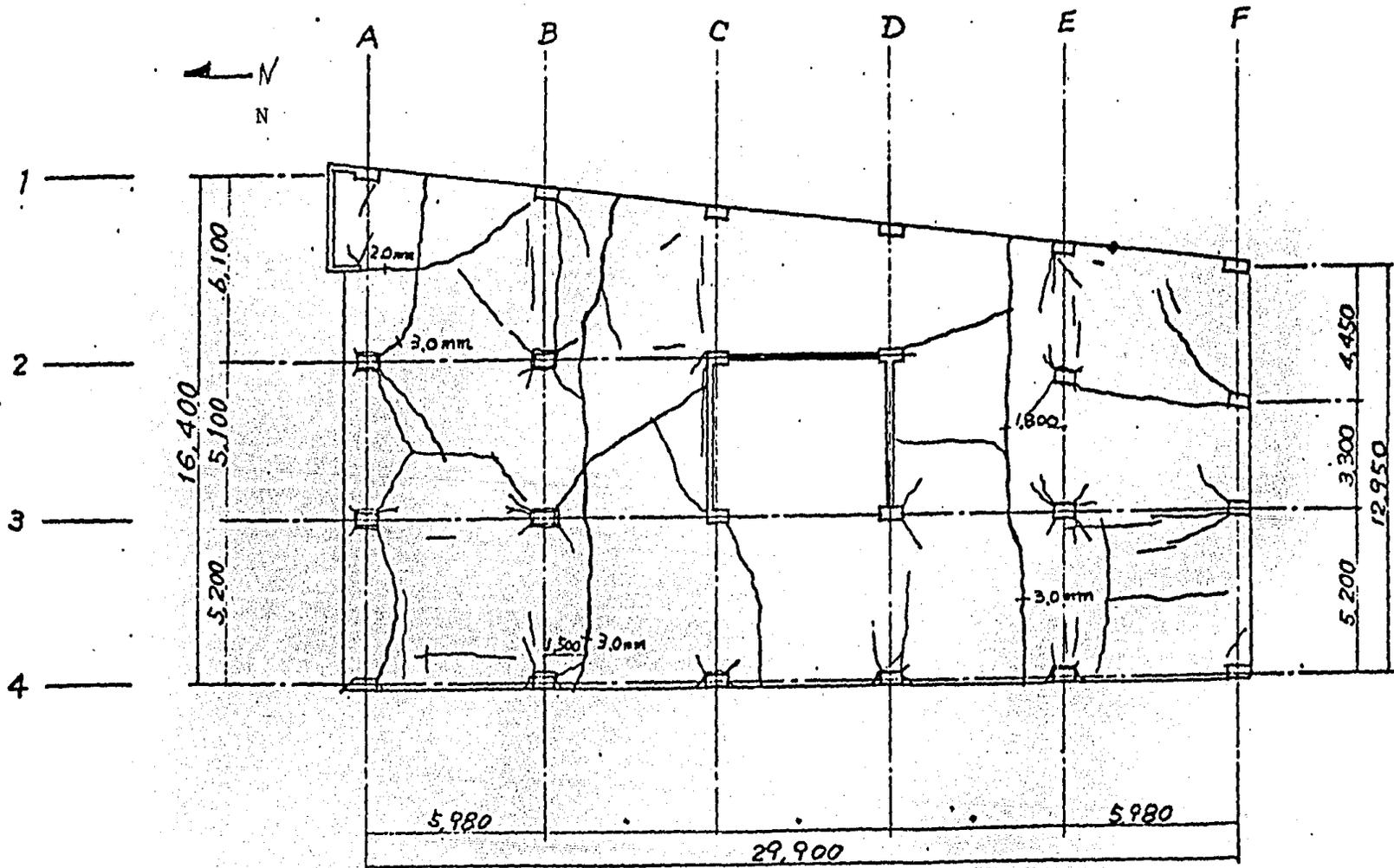
FIGURA 1



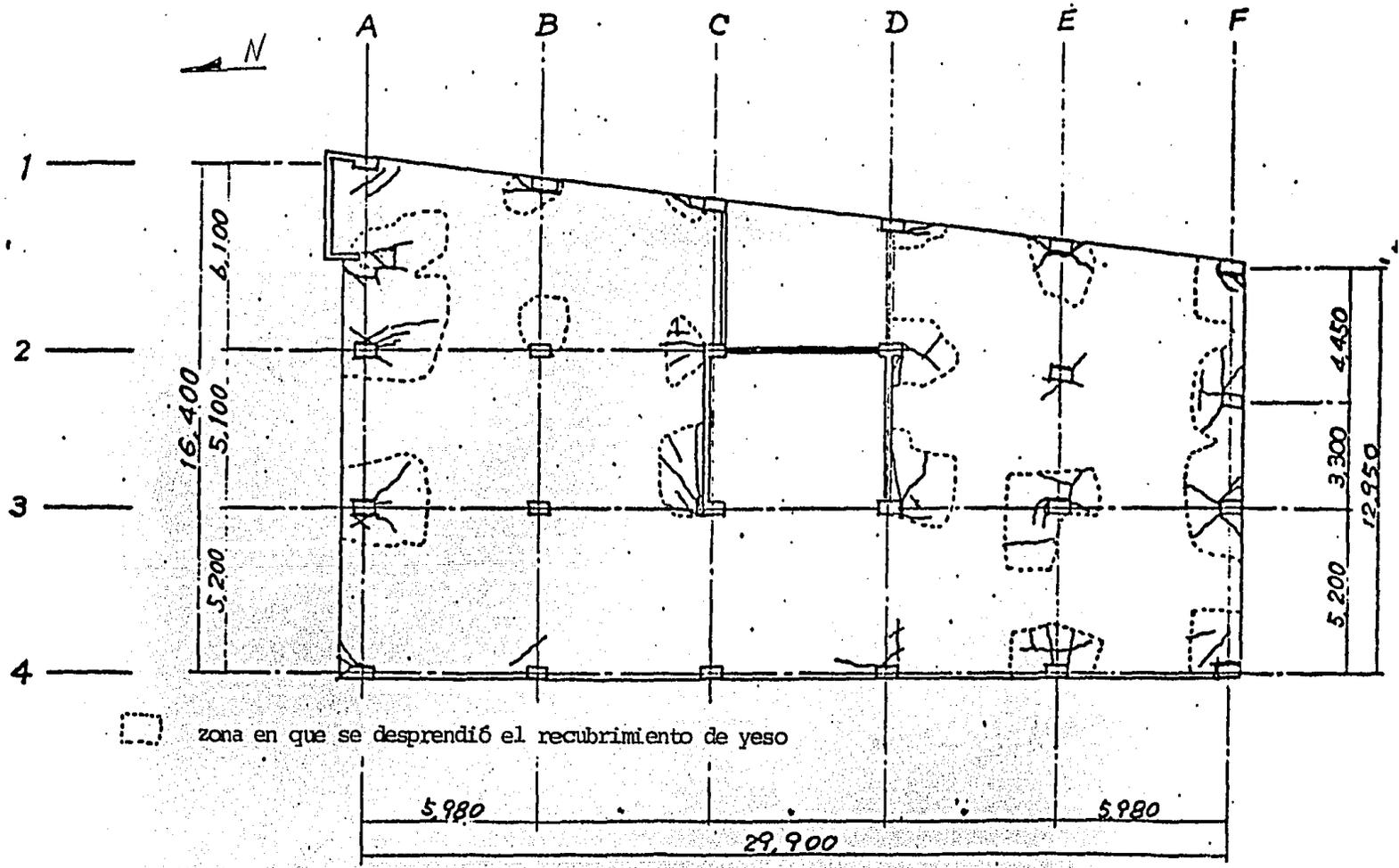
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

TABLENO TABLA DE LATA 1012-01

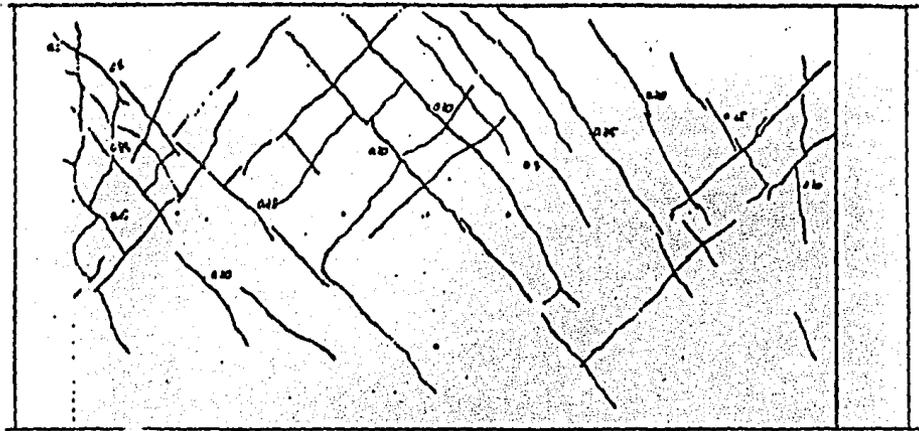


LR12-01 Agrietamiento en la cara superior de la losa del nivel 10



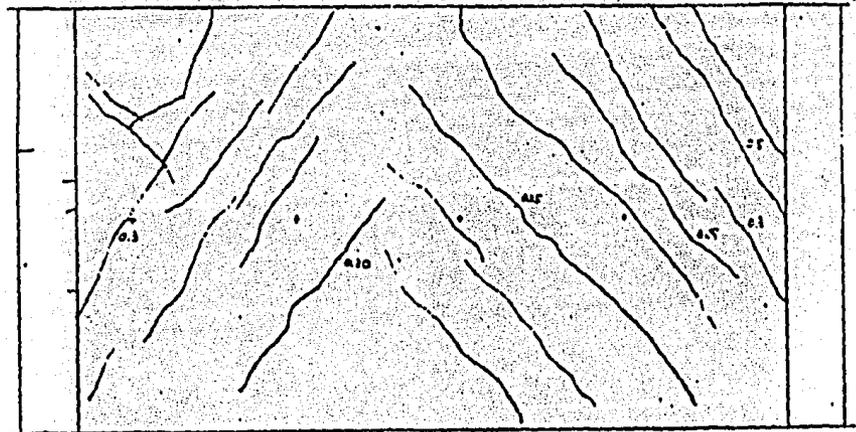
zona en que se desprendió el recubrimiento de yeso

LR12-01 Agrietamiento en la cara inferior de la losa del nivel 10



2C7C N

2W27C N

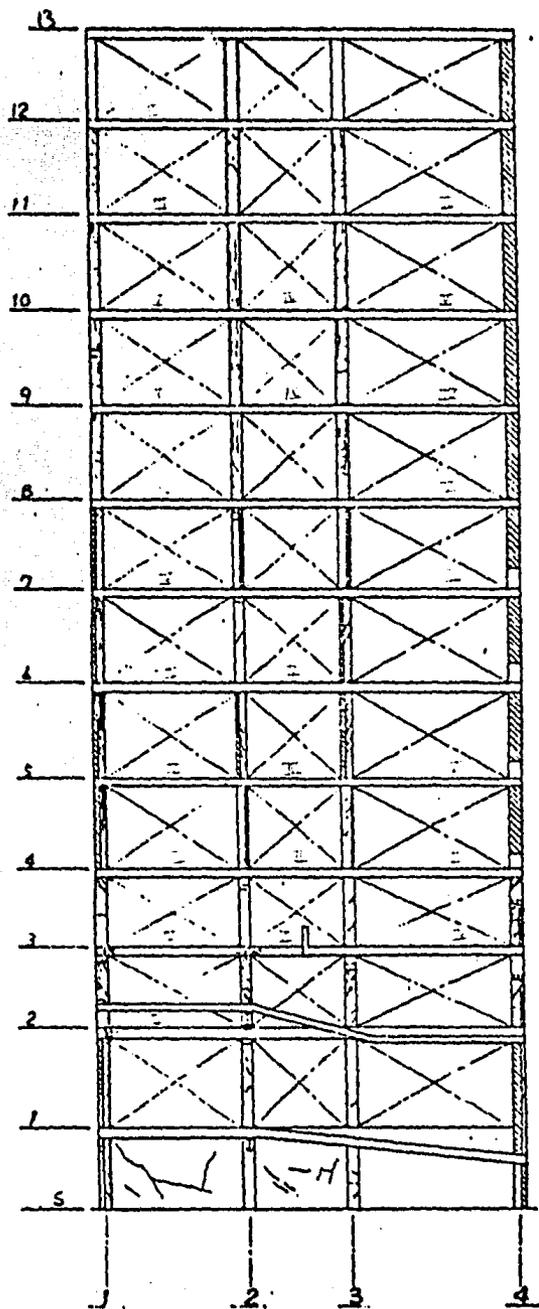


2C1D S

2W21D S

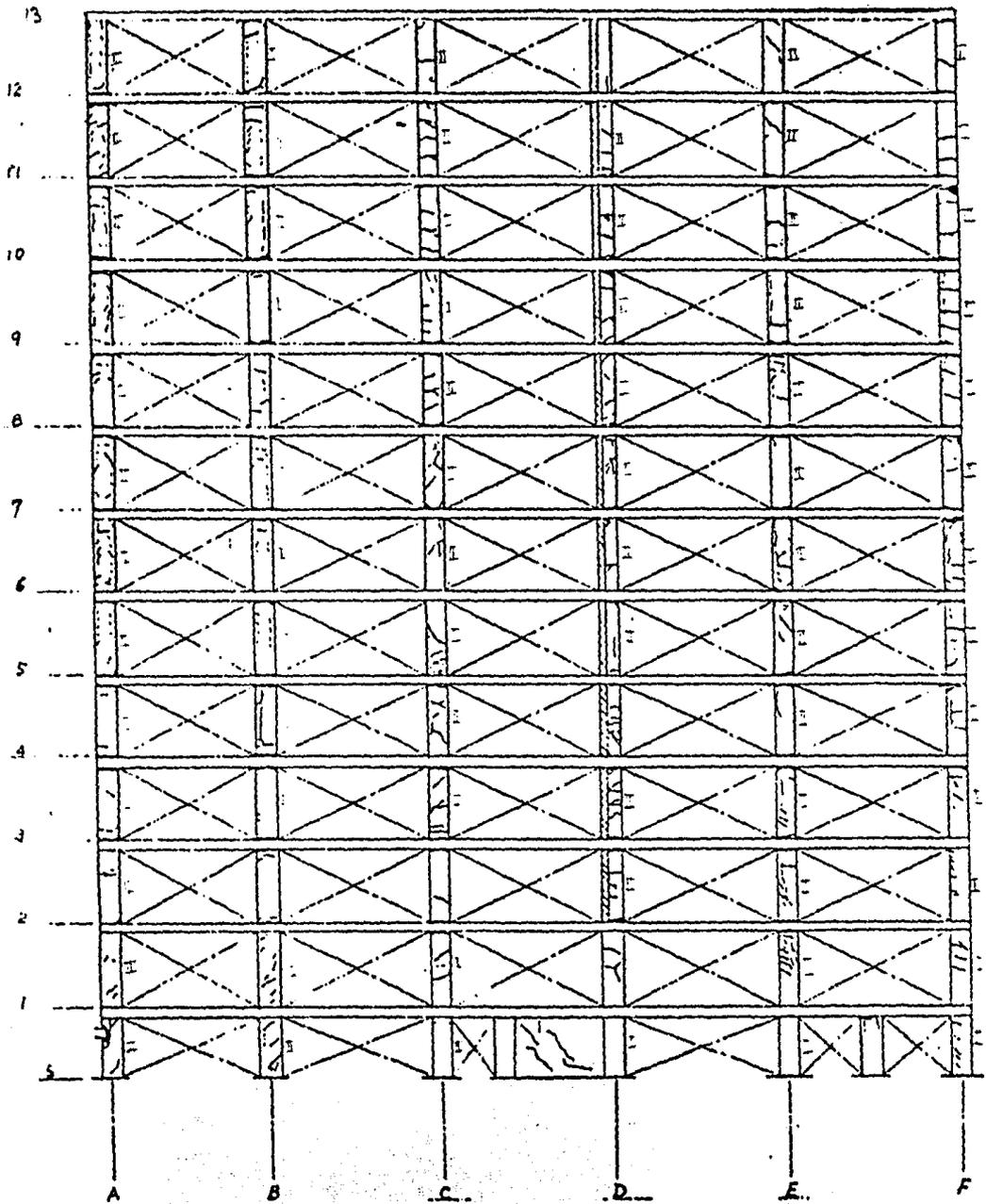
2C10 S

LR12-01 Detalles de agrietamiento en muros



LR12-01 Agrietamiento marco eje E

- Desprendimiento concreto
- ▨ No inspeccionable



LR12-01 Agrietamiento marco eje 3

- Desprendimiento concreto
- ▨ No inspeccionable

#### COMENTARIOS ADICIONALES.

Parte del muro de concreto de la fachada norte no llega a -- la cimentación sino que arranca del nivel PB, no existiendo parte del muro en el sótano.

Parece ser que la irregularidad de la forma en planta, el - que sea edificio de esquina, las rampas de los primeros niveles, así como los huecos en la losa debido a las rampas favorecieron - el que se presentaran problemas de torsión.

En cuanto a las grietas que se presentan en el lecho superior; aproximadamente a un peralte de la cara de la columna y en la di- rección corta a que se hace mención, no hay que descartar la posi- bilidad de que hayan sido producidas por el hundimiento del cubo de elevadores.

## EVALUACION DETALLADA DE ESTRUCTURAS DAÑADAS

### 1. Datos generales

- 1.1 Clave del edificio.- MM09-02
- 1.2 Ubicación.-
- 1.3 Uso.- Oficinas
- 1.4 Tipo Estructural.- Marcos de concreto con muros de cortante en una dirección, cimentación semicompensada con pilotes de fricción
- 1.5 Forma y número de niveles.- PB+9 niveles + azotea + sótano
- 1.6 Fecha de construcción.- 1970-1971 (aprox)

### 2. Descripción de la estructura

- 2.1 Plantas estructurales típicas.- Figuras: 2.1.1, 2.1.2.  
Estructura regular en planta y elevación, 4 claros de 9 m en dirección larga y 3 claros de 6 m en dirección corta.
- 2.2 Cortes estructurales típicos.- Figuras 2.2.1; 2.2.2. Altura de entrepiso tipo de 3.75 m y de 4.95 en el primer nivel.
- 2.3 Detalles estructurales relevantes.- En la fachada norte (eje 1) se tienen trabes a medio nivel, entre los ejes C-D, como lo muestra la figura 2.3.1
- 2.4 Cimentación.- Se tiene cimentación semicompensada con 87 pilotes; se ignoró toda capacidad de carga del suelo

2.5 Comentarios y datos generales.- El concreto es nominalmente de  $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$  y el acero  $f_y \geq 4,000 \text{ kg/cm}^2$

### 3. Descripción de daños

3.1 Descripción general de daños.- La mayor parte de los daños se concentra entre la planta baja y el nivel 6.

El daño generalizado en trabes consiste en desprendimiento del concreto en el lecho interior a paño con la columna, con exposición del acero y algunas veces pandeo del mismo, lo que indica articulaciones plásticas en extremos de vigas.

En columnas el daño generalizado se presenta en las caras de mayores esfuerzos en la dirección E-W (en la cual los muros no rigidizan).

Se presentan daños en las columnas de esquina donde arrancan los muros.

Hay daños importantes en las trabes de medio nivel, en los casos extremos se desprendió de la columna.

3.2 Indicación de grietas en alzados y planta típica.- En las figuras se muestra el daño que presenta el edificio en cada eje de acuerdo a la simbología que ahí mismo se explica.

El grado de daño se divide en 5 niveles de acuerdo a la tabla 1; dicho daño está marcado en las figuras dentro de un cuadrado.

3.3 No hay evidencia de otros daños. No se realizaron nivelaciones pero no se aprecian desplomes

4. Verificación de propiedades de la estructura

4.1 No se ha realizado una verificación detallada de dimensiones y armados. Algunas vigas muestran acero tipo Tor y otras con corrugación normal. Esto probablemente indica un cambio de grado del acero con respecto al de proyecto

4.2 No se tienen todavía los resultados del ensaye de núcleos extraídos de la estructura

4.3 Se midió un periodo natural de 2.1 seg en la dirección larga y de 1.3 seg en la corta

4.4 Se anexan algunas fotos de daños típicos

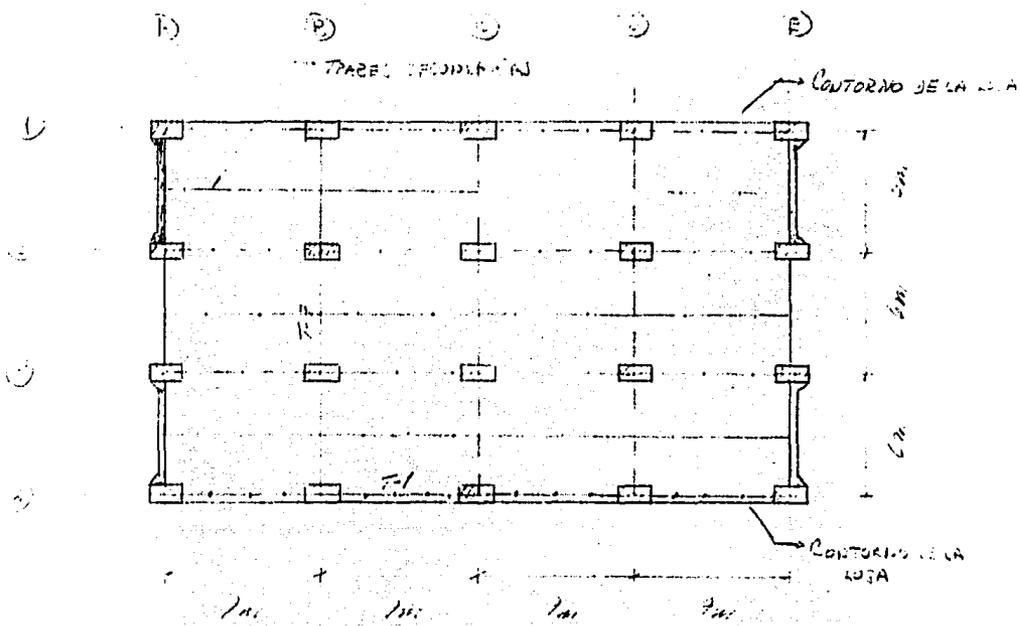
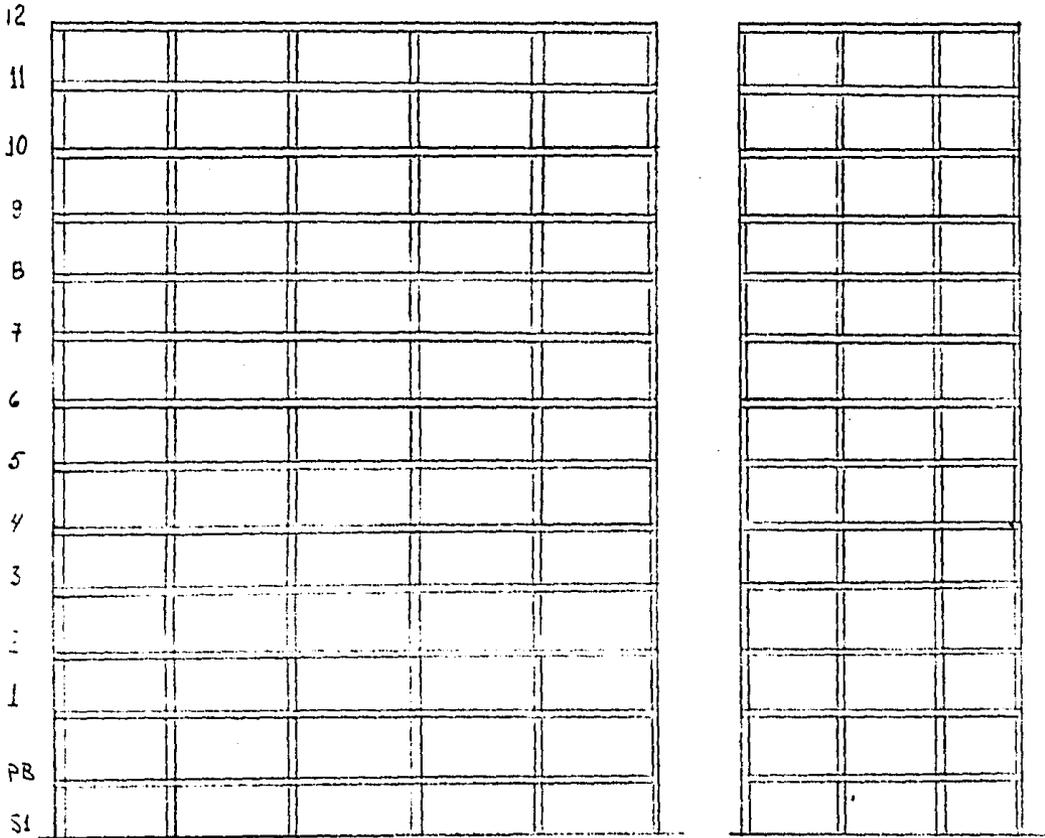


FIG. 2.1.1  
PLANTA TIPICA

Las columnas perimetrales (ejes A, E, 1,4) son de sección constante de 50 cm x 90 cm desde la cimentación a nivel azotea.

Las columnas interiores se especifican en la fig. 2.2.1

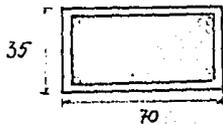
LR12-01



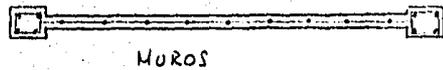
MARCO EJE 3

FIGURA 2

MARCO EJE B



← COLUMNAS INTERIORES



MUROS

S a N2 t=12, E #1 @ 12  
 N2 a N4 3 #12 + 4 #3; E #4 @ 13  
 N4 a N6 3 #9 + 4 #12, ✓  
 N6 a N7 t=8; E #4 @ 21  
 N7 a N12 4 #6 + 4 #5; E #3 @ 22

ARMADO DE COLUMNA INTERIOR

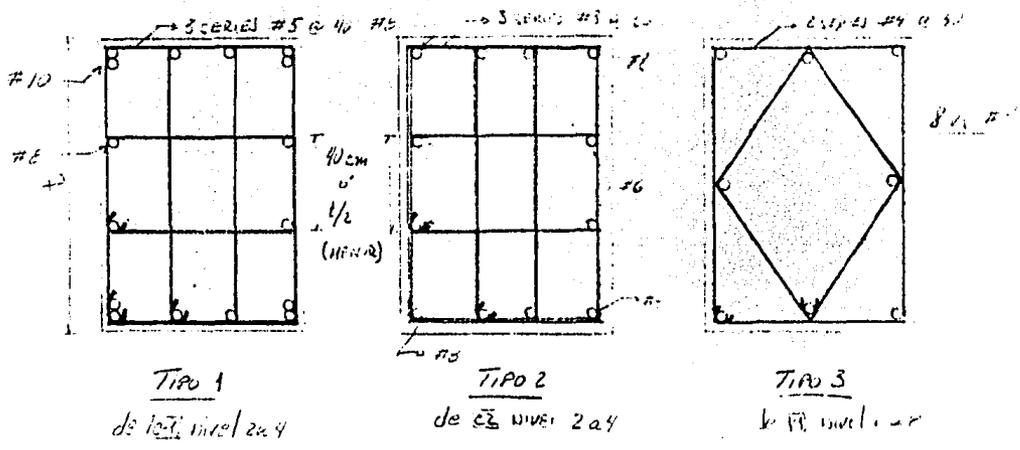
S a N2 t=20; HOR #2 @ 15; VER #1.5 @ 15  
 N2 a N5 t=10; HOR #4 @ 15; VER #2.5 @ 15  
 N5 a N6 t=20; HOR #4 @ 20; VER #2.5 @ 15  
 N6 a N7 t=15; HOR #4 @ 15; VER #2.5 @ 22  
 N7 a N8 t=15; HOR #4 @ 30; VER #2.5 @ 22  
 N8 a N12 t=15; HOR #2.5 @ 15; VER #2.5 @ 22

ARMADO DE MUROS DE CONCRETO

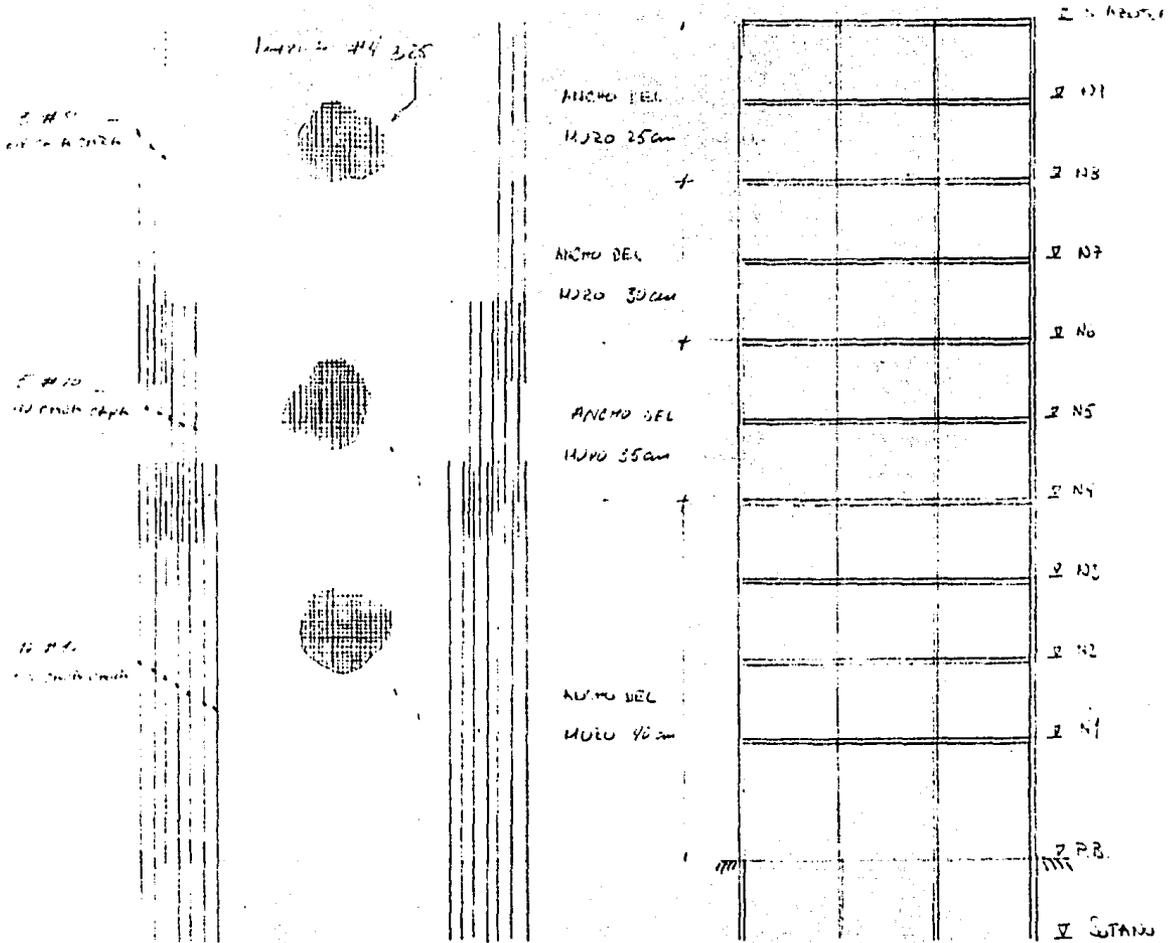


MM09-02 Fig 2.2.1

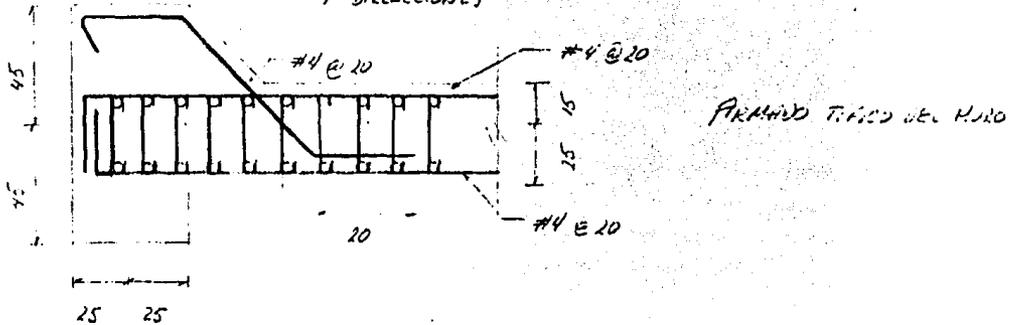
	22	23	24	25	26	27	28	29	30
21	Tipo 3 50160				N9 V 55.40				Tipo 3 50160
22	Tipo 2 50190				N8 V 32.05				Tipo 1 50190
23	Tipo 3 50160				N7 V 18.10				Tipo 3 50160
24	Tipo 2 50190				N6 V 14.55				Tipo 2 50190
25	Tipo 2 50190				N5 V 20.80				Tipo 2 50190
26	Tipo 2 50190				N4 V 17.25				Tipo 1 50190
27	Tipo 1 50160				N3 V 12.20				Tipo 1 50160
28	Tipo 2 50190				N2 V 2.55				Tipo 1 50190
29	Tipo 1 50160				N1 V 5.80				Tipo 1 50160
30	Tipo 2 50190				N.PB V 0.85				Tipo 1 50190



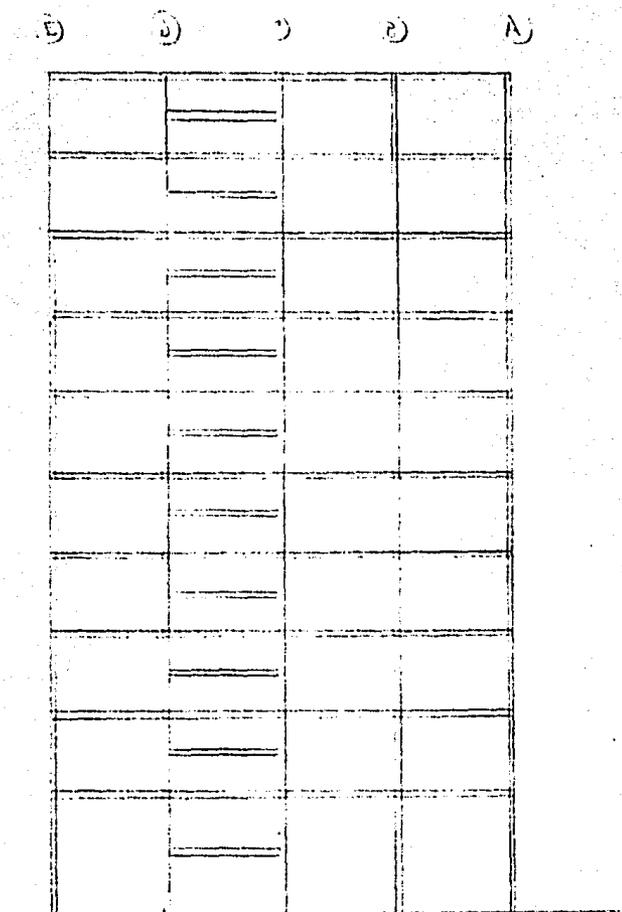
MM03-02 FIG. 2.2.2 - MUROS DE CORTANTE



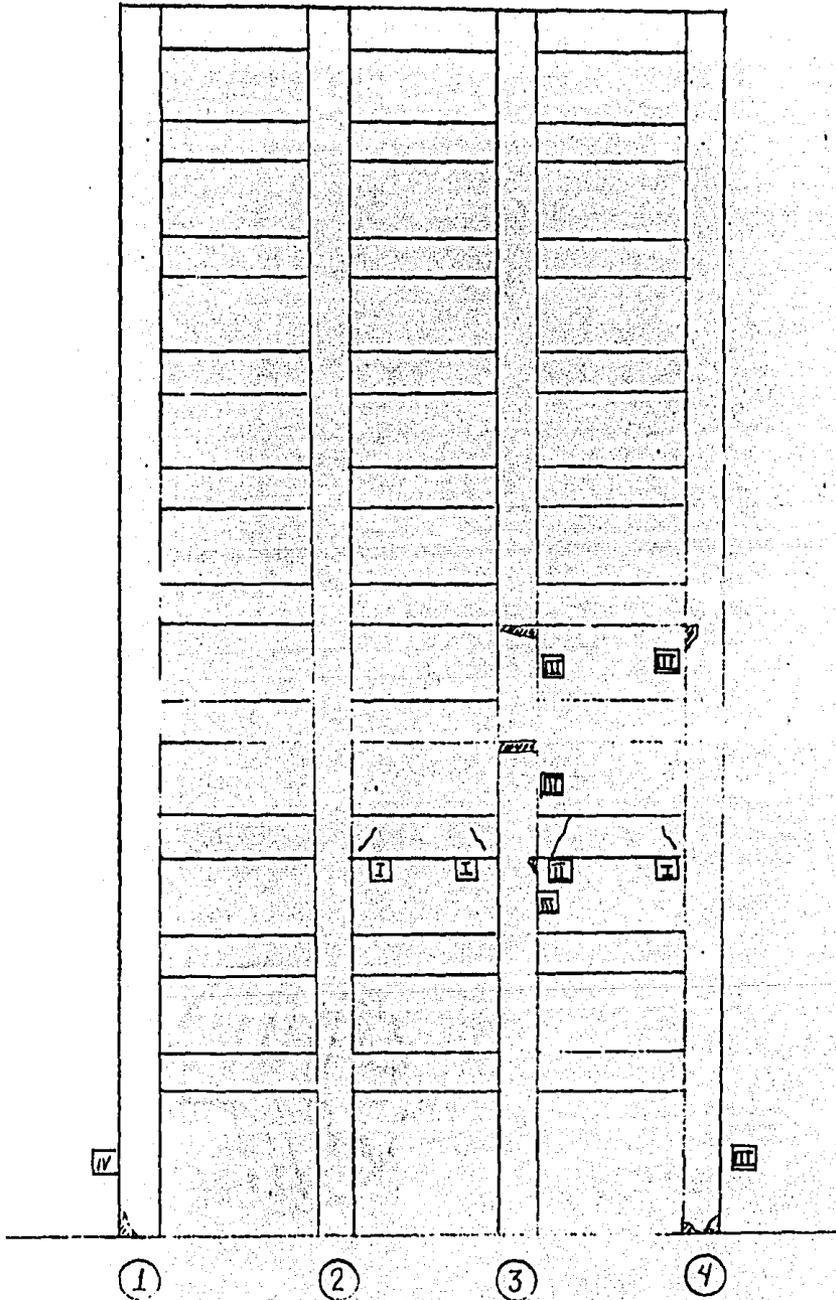
PARRILLA #4 @ 20 EN AMBOS LADOS Y DIRECCIONES



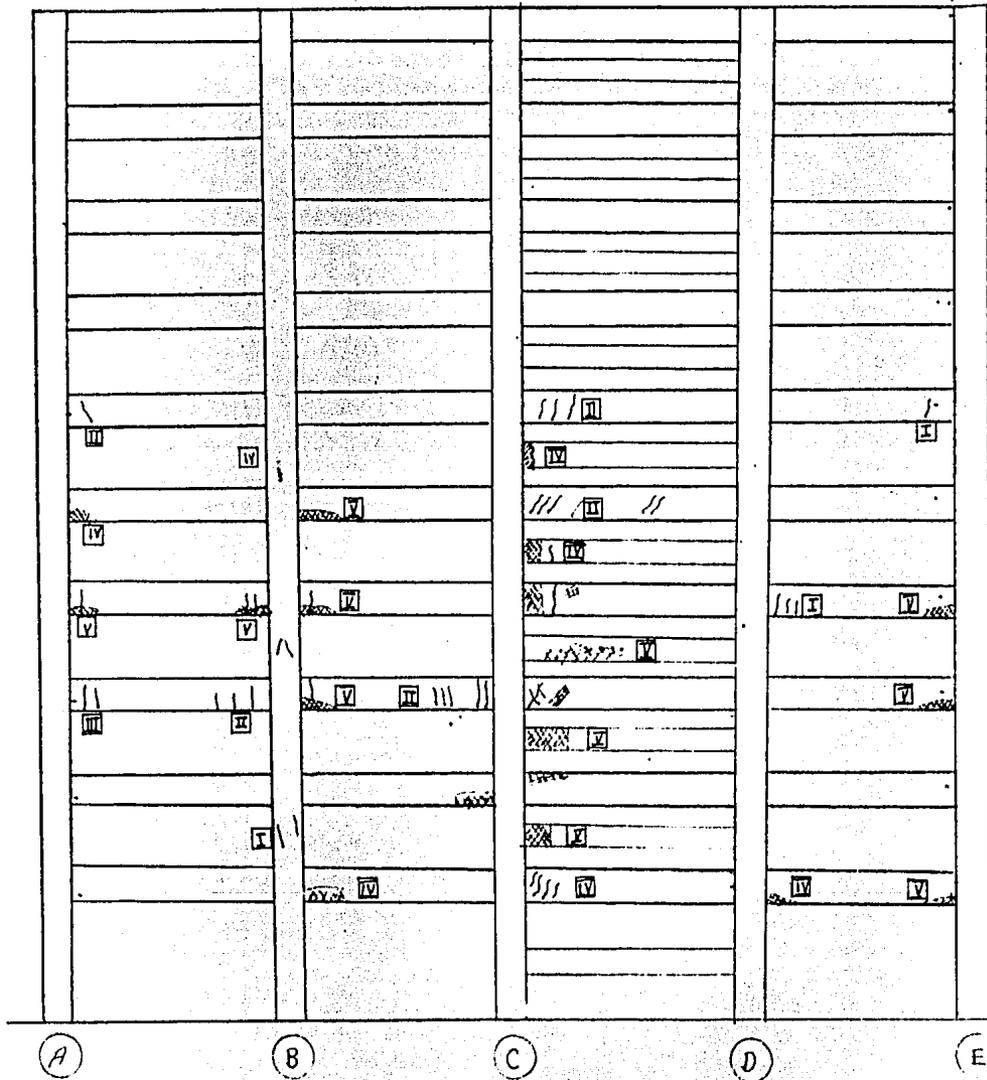
MM09-02 FIG 2.3.1.- TRAZOS DE ENTREPISO



MARCO EJE D



MM09-02 EJE C

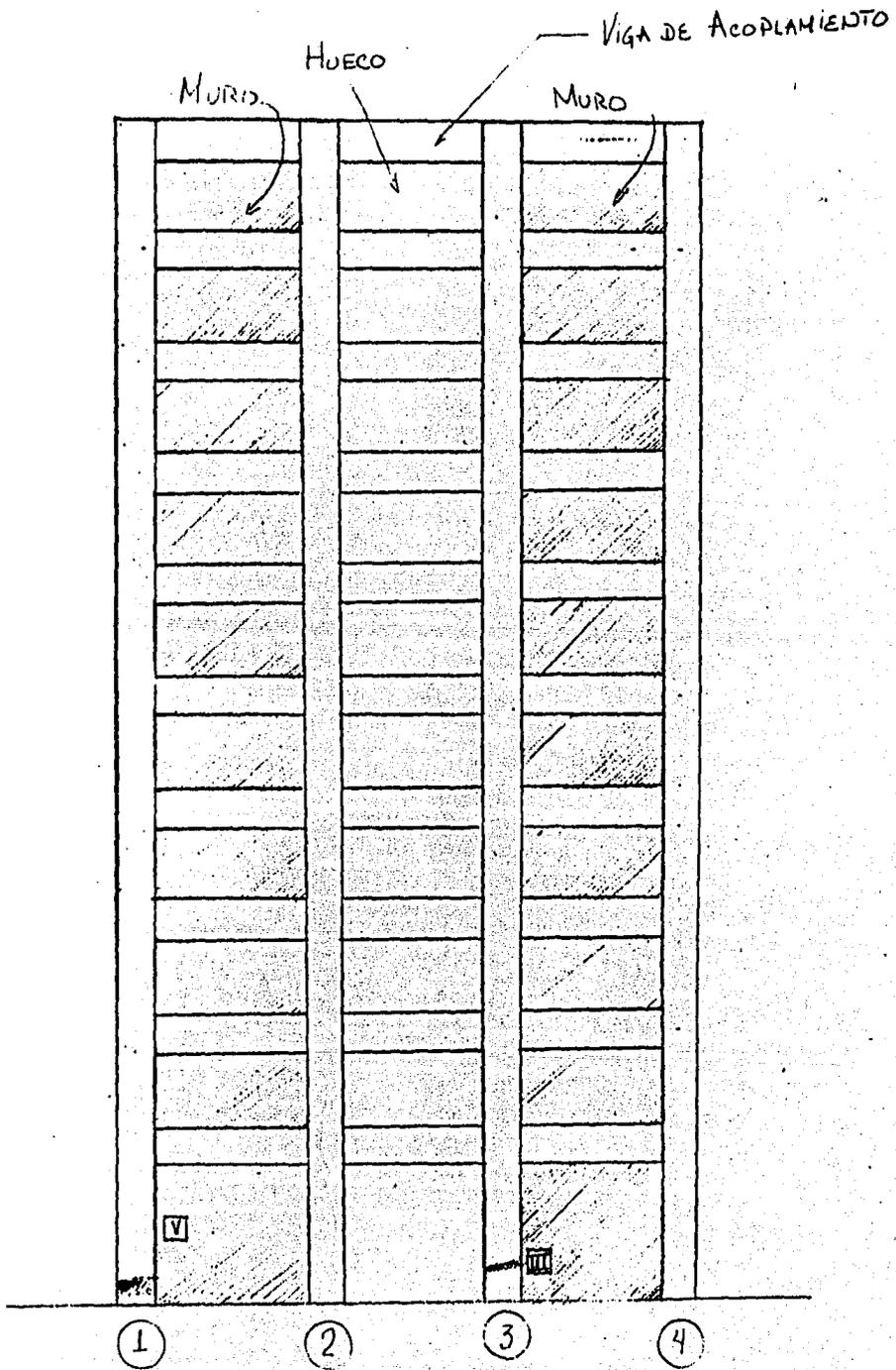


MM09-02 EJE 1

(Fachada posterior)

Simbología:

- \* Exposición de acero
- { Grieta
- Clasificación



MM09-02

EJE A

## EVALUACION DETALLADA DE EDIFICIOS DAÑADOS

### 1. Datos generales

- 1.1 Clave del edificio: MM05-03
- 1.2 Ubicación:
- 1.3 Uso: Tienda de aparatos domésticos y muebles
- 1.4 Tipo estructural: Marcos de concreto con muros de concreto y de mampostería estructural, cimentación en cajón sin pilotes
- 1.5 Número de pisos: sótano, PB + 4 pisos tipo, con mezzanine, planta rectangular, en esquina
- 1.6 Fecha de construcción: 1965

### 2. Descripción de la estructura

- 2.1 Planta: rectangular regular, 2 claros de 7.5 m en dirección corta y 5 claros de 7.25 m en la larga. Ver figuras.
- 2.2 Cortes verticales: sótano de gran profundidad: 4.7 m; primer piso muy alto: 7m con mezzanine solo en una parte; el resto niveles tipo, ver figuras.
- 2.3 Detalles estructurales relevantes: vigas acarteladas de peralte reducido (50 cm en G). Muro de contención en tres lados del perímetro, de gran rigidez. Muro de mampostería en tres de las fachadas, desligados con celotex de 1 cm de espesor, pero con refuerzo interior ligado a la

estructura.

Muro en eje 11 de tabique con aplanado sobre malla.

Está separado aproximadamente 20 cm de un cuerpo mayor en su lado poniente.

2.4 Cimentación: Compensación, con sótano y cajón de cimentación con contratraves de 2.2 m de peralte. Muro de contención en tres lados. La cimentación resulta ligeramente sobre-compensada para cargas verticales.

2.5 Comentarios generales: el concreto es de  $200 \text{ kg/m}^2$  y el refuerzo grado 42. La doble altura del primer piso causa gran deformabilidad de la estructura y la presencia del mezzanine en parte de ella introduce torsiones.

### 3. Descripción de daños

3.1 Descripción general: Se aprecian grietas en algunas columnas en el entre-piso 1-2 y en menor grado en el 2-3. Se trata de grietas verticales y diagonales. El muro de concreto del eje 8 se encuentra muy agrietado en el entrepiso 1-2 con daño en las columnas que lo limitan. En los pisos superiores hay grietas diagonales de poca abertura en el muro. Las vigas tienen algunas grietas leves que estaban identificadas desde antes del sismo. Los muros de mampostería tienen daño en general no muy cuantioso pero acentuado en el extremo oriente. En la fachada se desprendieron algunas piedras del recubrimiento

y hubo choque con el cuerpo adyacente que produjo daños menores. El daño se encuentra en la dirección corta.

3.2 Gráfica de daños: Se muestran daños típicos en marcos y muros de algunos ejes.

3.3 Otros daños: No hay indicios de hundimientos o desplomes a raíz del sismo. Parece que el edificio sufrió alguna emersión por la sobrecompensación, pero ocurrió antes del sismo.

Los cuerpos de escaleras, elevadores y montacargas se encuentran en el edificio adyacente y sufrieron daños graves.

Hubo caída de elementos de plafón y diversos indicios de deformaciones muy elevadas de la estructura durante el sismo.

La cimentación no presenta agrietamiento alguno.

#### 4. Verificación de las propiedades en la estructura

Se midieron algunos peraltes y dimensiones de vigas y columnas encontrando concordancia. Se comprobaron algunos refuerzos en los puntos donde estaban expuestos por el daño encontrándose concordancia general, pero algunas diferencias en cuanto a traslapes y a separación de estribos. No se tienen todavía resultados de núcleos de concreto.

Los periodos medidos fueron 0.65 seg en la dirección larga y 1.1 seg en la corta.

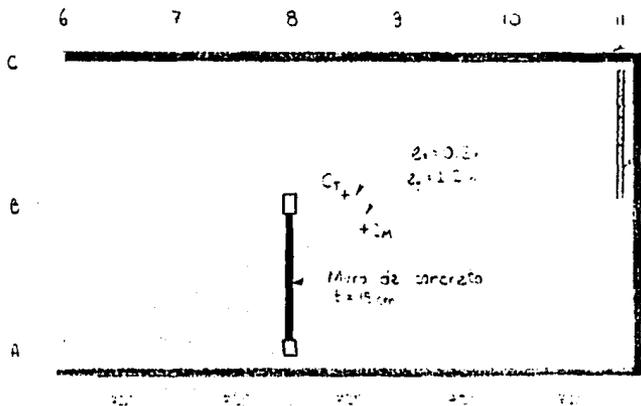
#### COMENTARIOS ADICIONALES.

Parece ser que la doble altura existente entre la PB y el nivel 1 provocó grandes desplazamientos, además el efecto del mezzanine en parte de la planta, pudo haber provocado efectos torsionantes.

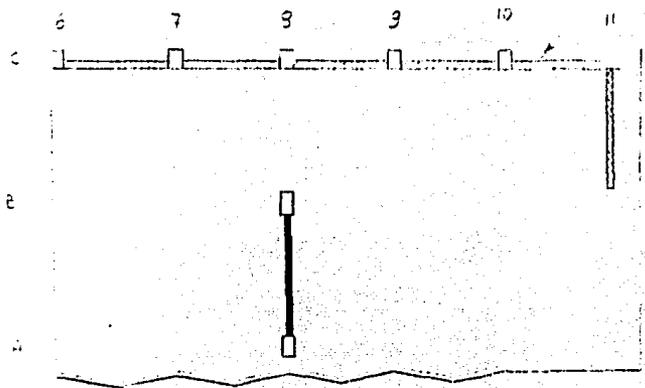
6 7 8 9 10 11

7. N5						3.30
7. N4						3.30
7. N3						3.30
7. N2						3.30
7. N1						7.30
7. N0						4.50
7. S1						2.50

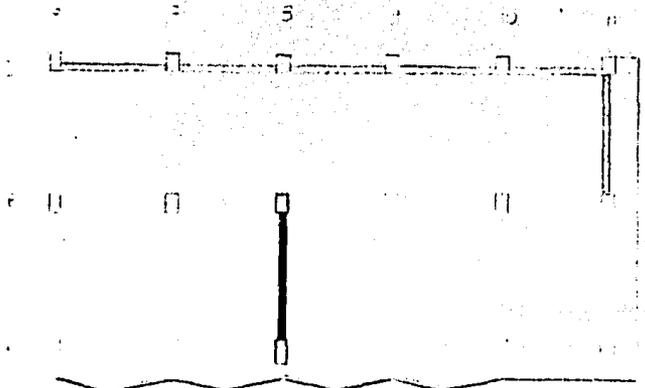
MM05-03 MARCO EJE A



PLANTA SOTANO



PLANTA MEZZANINE



PLANTAS NIVEL 0 y 1

Muro de contención  
t=20 cm

Muro de ladrillo de 14 cm con  
armadura de cemento de 2 cm  
con rejilla de acero inoxidable 304

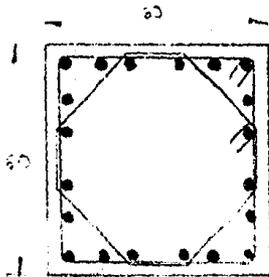
Muro de ladrillo de 14 cm con  
armadura de cemento de 2 cm  
con rejilla de acero inoxidable 304

4405



MM05-03 GAMAADO TIPADO EN COLUMNAS

(COLUMNAS C-7)

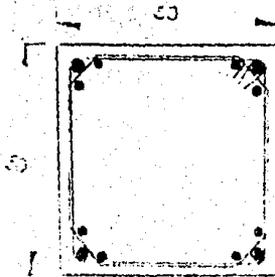


COLUMNA TIPO 3

ES. E = 20

AS. #3 @ 45

(INVERSIÓN DE BARRAS)



COLUMNA TIPO 4

ES. E = 3 + 24

AS. #3 @ 30

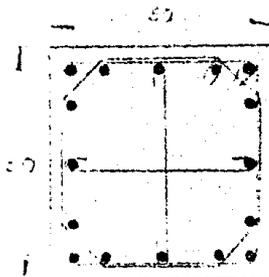
(INVERSIÓN DE BARRAS)

COLUMNA TIPO 5

ES. E = 8

AS. #3 @ 40

(INVERSIÓN DE BARRAS)

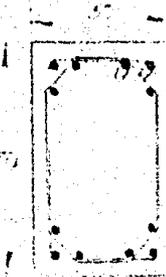


COLUMNA TIPO 6

ES. E = 8

AS. #3 @ 40

(INVERSIÓN DE BARRAS)

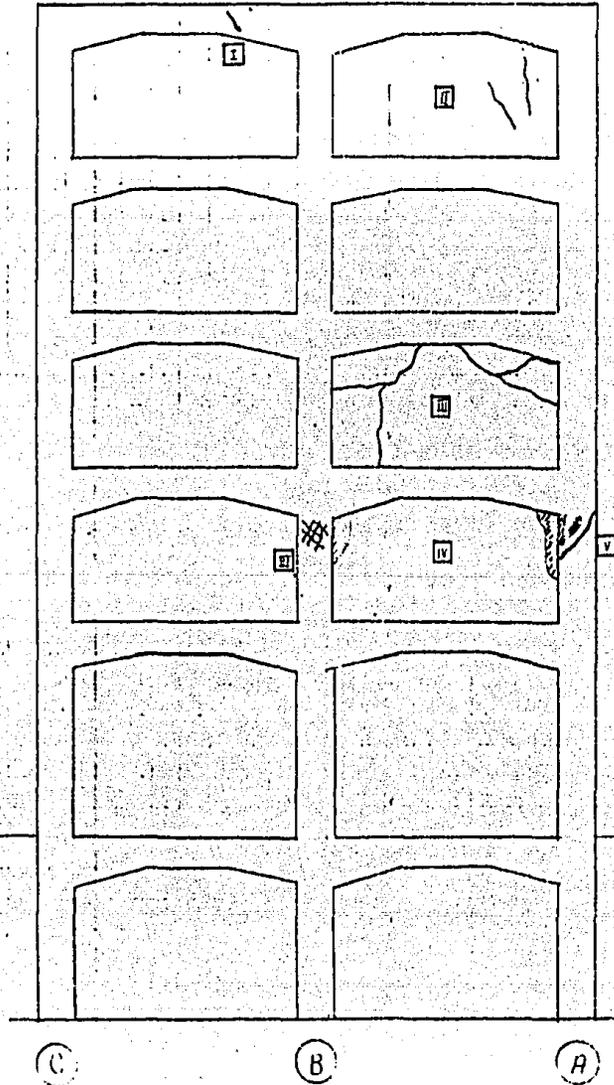


COLUMNA TIPO 7

ES. E = 8

AS. #3 @ 40

(INVERSIÓN DE BARRAS)



MM05-03

EJE (B)

V. NO

6'

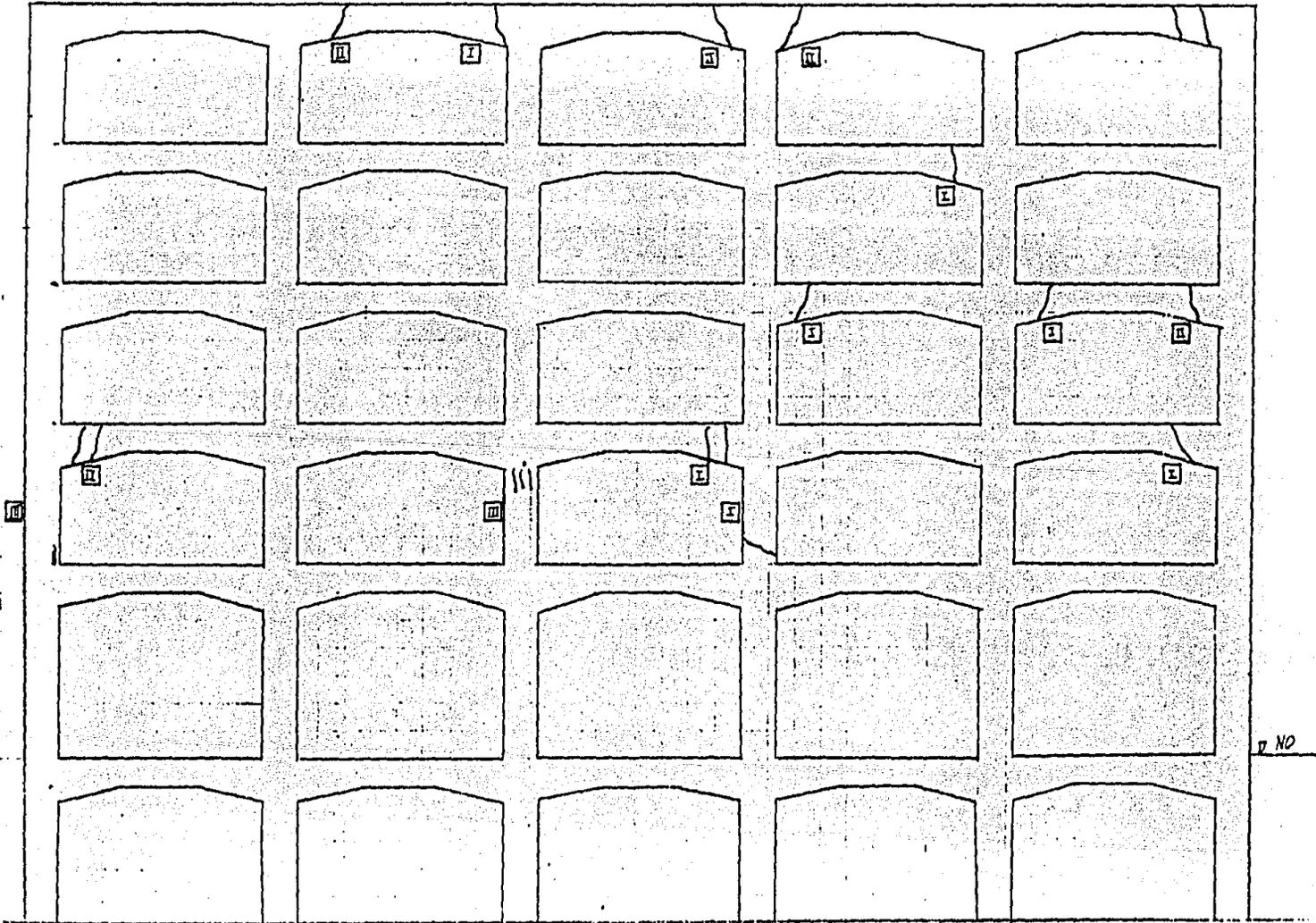
7

8

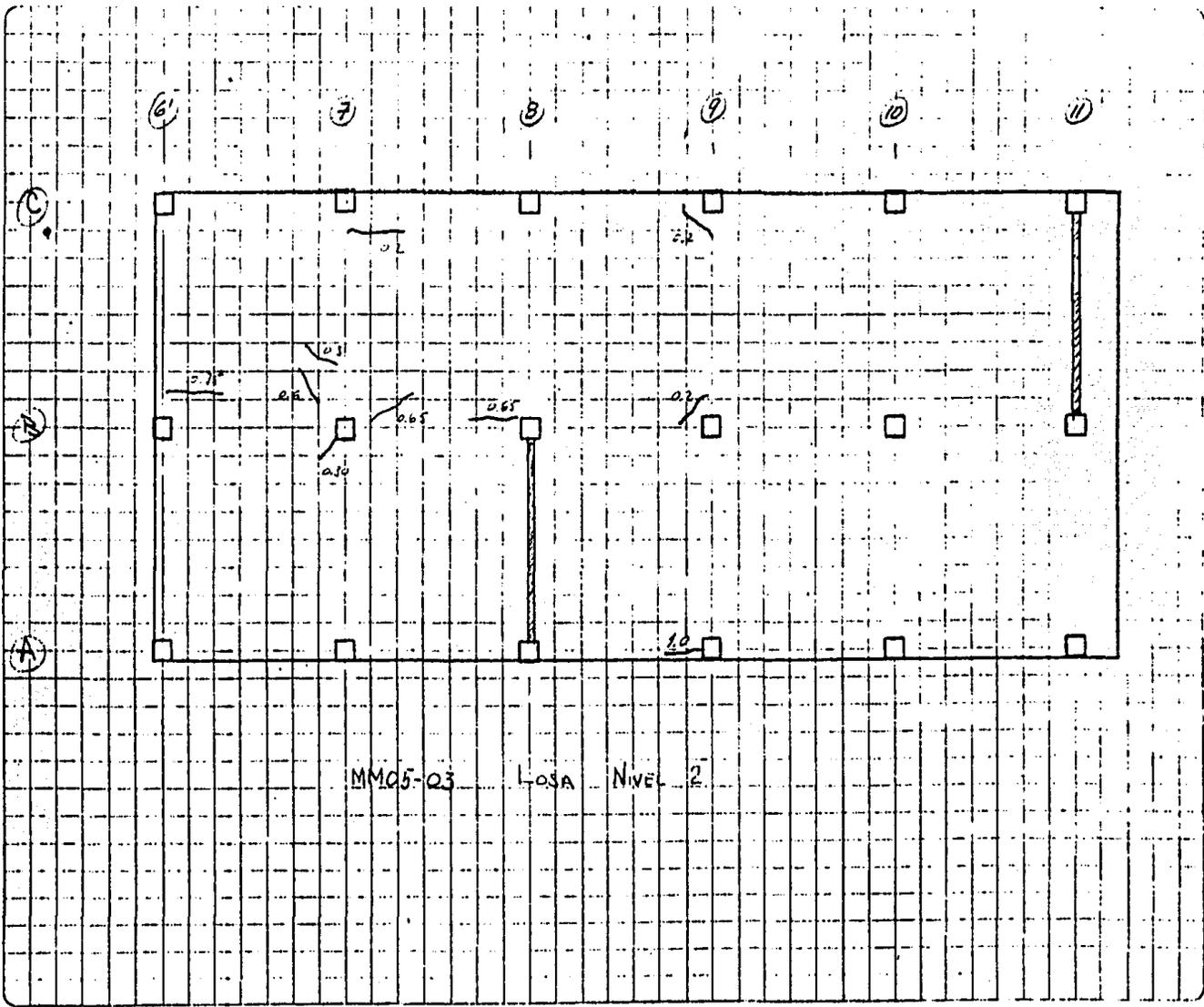
9

10

11



MM05-03 EJE (B)



MM05-03 LOSA NIVEL 2

## EVALUACION DETALLADA DE EDIFICIOS DAÑADOS

### 1. Datos generales

- 1.1 Clave del edificio: LR07-04
- 1.2 Ubicación:
- 1.3 Uso: Fábrica de ropa, ensamble de bicicletas y locales comerciales a nivel calle
- 1.4 Tipo Estructural: Losa reticular, columnas rectangulares, muros de bloques en colindancia con diagonales de contra-venteo en una dirección; cimentación compensada
- 1.5 Forma y número de niveles: PB + 6 niveles + sótano (sin azotea)
- 1.6 Fecha de construcción: 1968-1969 (aproximadamente)

### 2. Descripción de la estructura

- 2.1 Plantas estructurales típicas: Figuras 2.1.1  
Estructura irregular en planta aproximadamente cuadrada y regular en elevación
- 2.2 Cortes estructurales típicos: Figuras 2.2.1  
Altura de entrepiso tipo de 3.13 m y 5.43 m en el primer nivel
- 2.3 Detalles estructurales relevantes: Las columnas de los ejes 2 y 8 no se encuentran alineadas en uno de los ejes como lo muestra la figura 2.1.1. El nivel 8 no se encuentra

cubierto por losa típica sino por techo de lámina utilizando armaduras como soporte estructural del techo. Existe un apéndice de dos niveles que se prolongan por arriba del cubo de elevadores. Los muros de concreto marcados en planos en realidad son diagonales con los espacios entre ellos rellenas con tabicón.

La columna en los ejes D-8 de tipo C3 marcada en planos, en la estructura no existe

2.4 Cimentación: Compensada

2.5 Comentarios y datos generales: El concreto es de  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> y el acero

### 3. Descripción de daños

3.1 Descripción general de daños: La mayor parte de los daños se encuentra entre la P.B. (nivel 1) y el nivel 5. Las columnas presentan grietas generalizadas por cortante y por flexocompresión. Las losas grietas de flexión y cortante en el capitel y donde termina éste.

Al nivel 7 no se tuvo acceso para su revisión así como a una parte del nivel 6.

El edificio presenta cierto desplome, visible a simple vista, hacia la calle. Las escaleras tuvieron daños de consideración.

En el extremo oriente hay un cuerpo de un piso que sufrió

daños muy severos debido al colapso de un edificio adyacente que se le cayó encima.

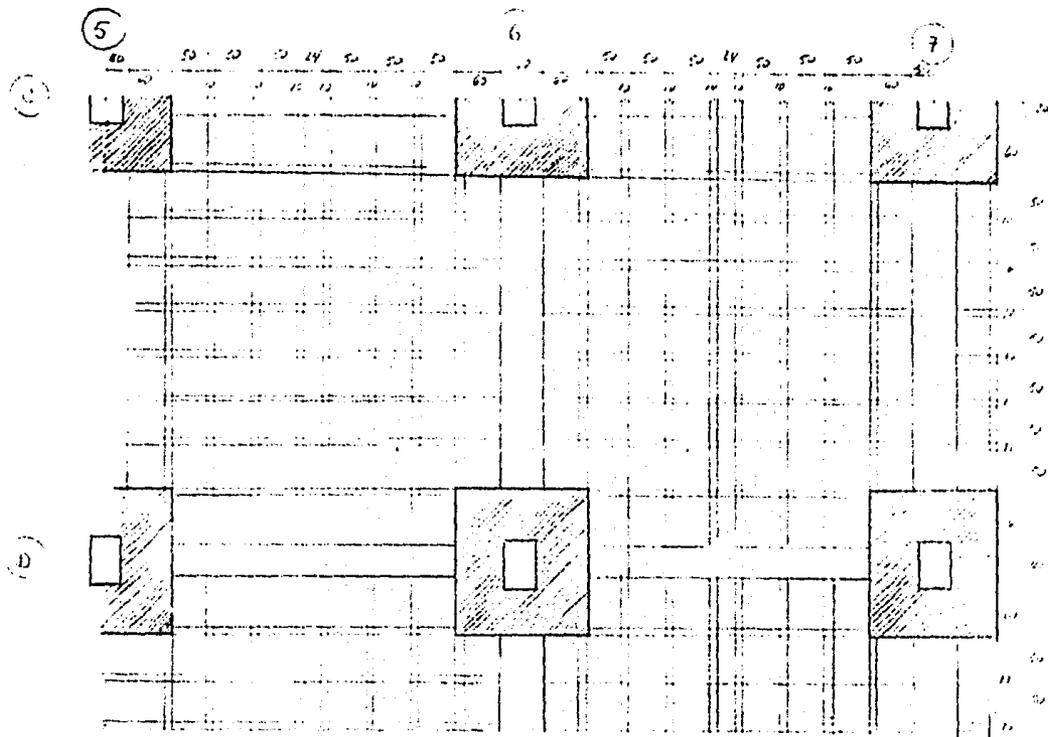
Existió cierto golpeo entre el cuerpo pequeño y el edificio en estudio.

Para el efecto sísmico en la dirección N-S predomina el mecanismo de falla por flexocompresión en los extremos de columnas y por cortante y flexión en la losa. Para la dirección E-W el daño mayor es por cortante en columnas.

- 3.2 Indicación de grietas en alzados y planta típica: En las figuras se muestra el daño que presenta el edificio en cada eje de acuerdo a la simbología que ahí mismo se indica. El grado de daño se divide en 5 niveles de acuerdo a la tabla 1; dicho daño está marcado en las figuras dentro de un cuadrado. La "R" en los croquis indica que el elemento fue reparado en forma temporal para que tuviera función de apuntalamiento.

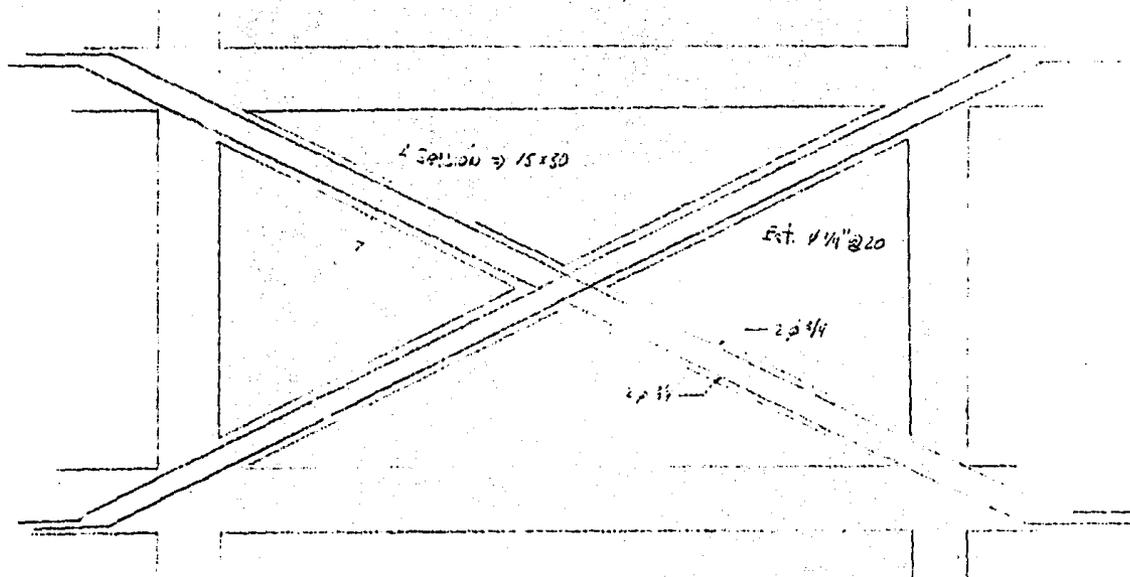
#### 4. Verificación de propiedades de la estructura

- 4.1 No se ha realizado una verificación detallada de dimensiones y armados.
- 4.2 No se tienen resultados de núcleos extraídos de la estructura
- 4.3 Se midió un período natural de 2.1 en la dirección larga y de 1.3 en la corta (dirección del contraviento)



TABLERO TIPICO

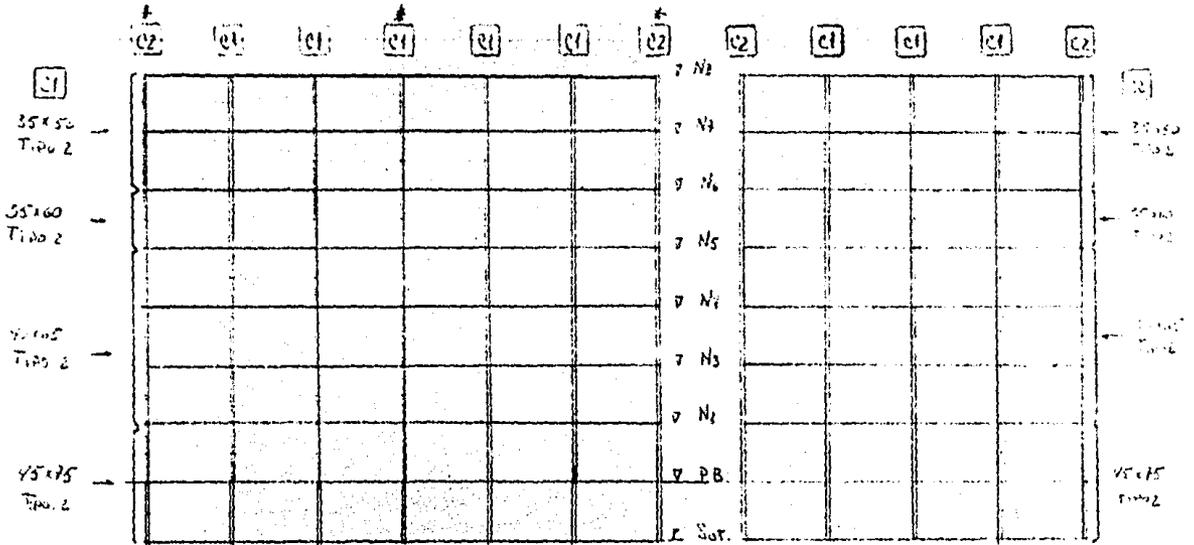
LR07-04



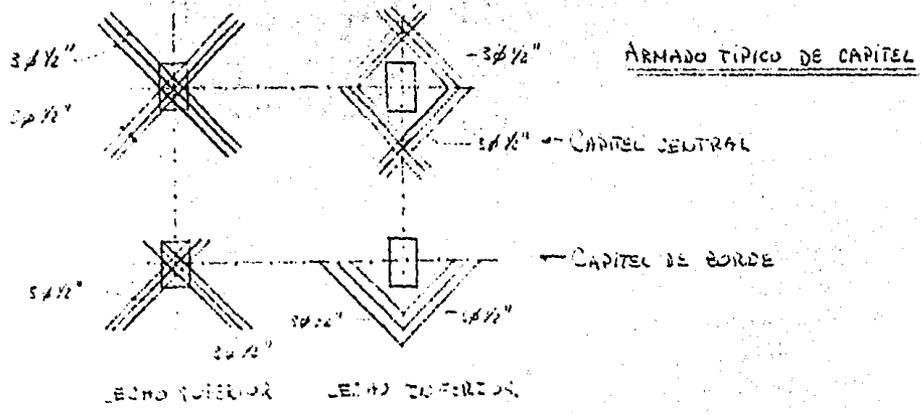
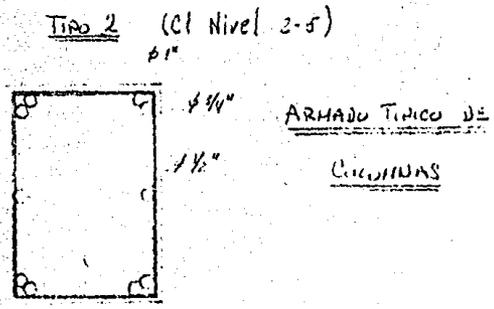
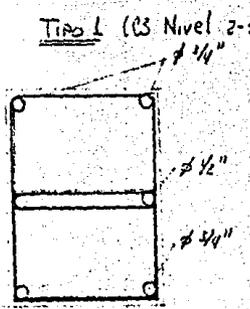
DALAS DIAGONALES



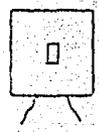
LR07-04 Fig 2.1.1



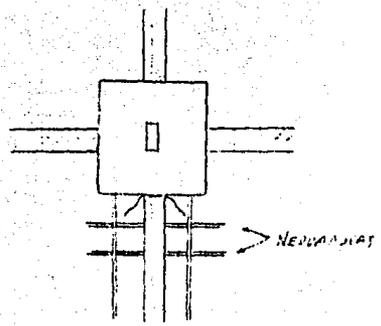
$\square$  → 30x50 cte., Tipo 2, E  $\phi 1/4'' @ 20$        $\square$  → 30x50 cte., Tipo 2, E  $\phi 1/4'' @ 20$



NOTAS A LOS CROQUIS DE LOSA



EQUIVALE A



NERVIADURA CENTRAL MAS ANCHA

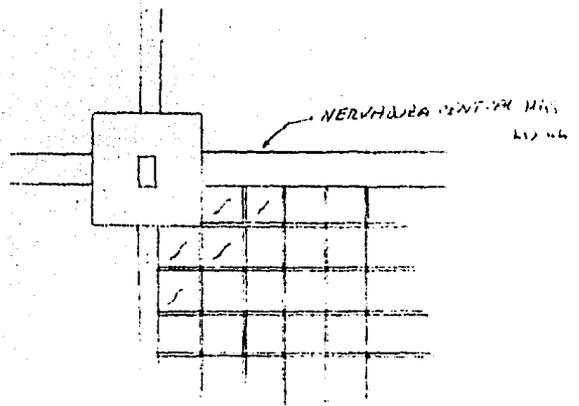
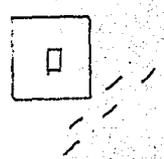
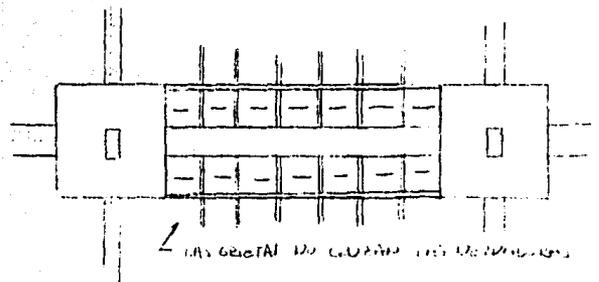
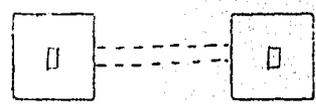
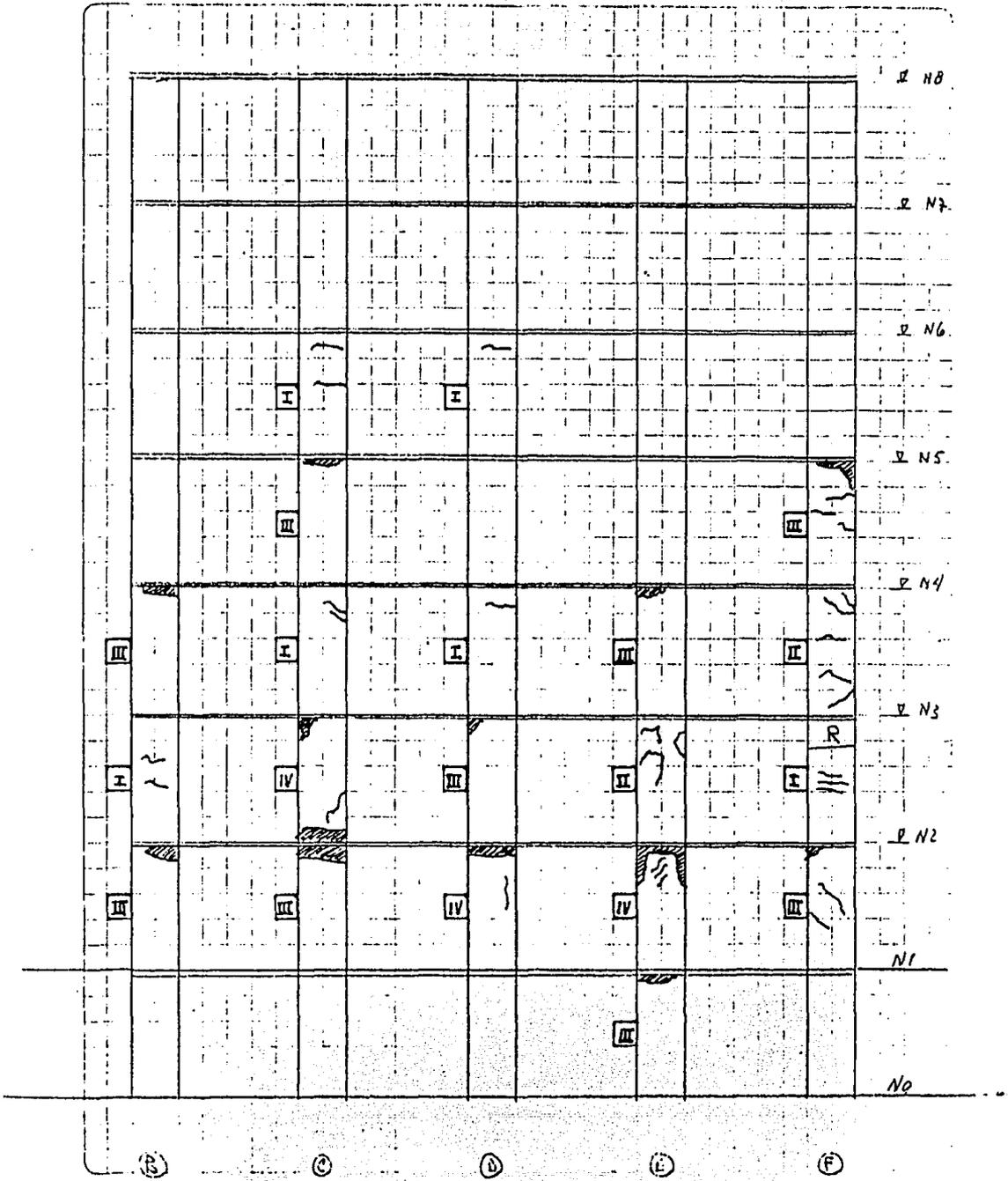
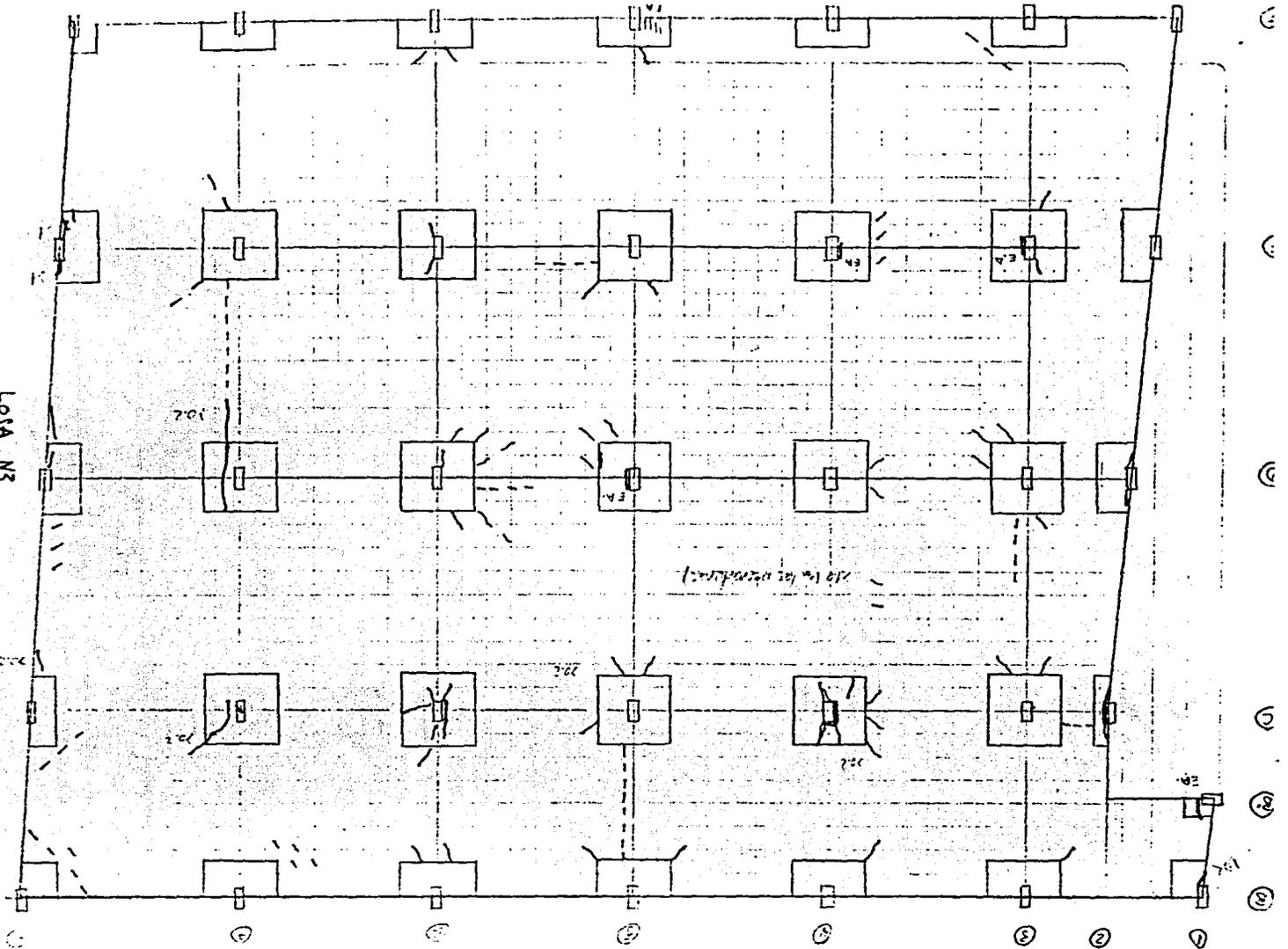


Fig. 6





LOSA N3  
(Llecho Inferior)



## EVALUACION DETALLADA DE ESTRUCTURAS DAÑADAS

### 1. Datos generales

1.1 Clave del edificio: LR11-05

1.2 Ubicación:

1.3 Uso: Talleres de costura

1.4 Tipo estructural: Losa reticular, de 40 cm de peralte, columnas circulares y rectangulares robustas; muros de colindancia de mampostería débil en la dirección corta

1.5 Forma y número de niveles: Forma casi rectangular como lo muestra la figura 2.1.1

Niveles: Sótano + P.B. + mezzanine + 10 niveles

1.6 Fecha de construcción: 1971 (aproximadamente)

### 2. Descripción de la estructura

2.1 Plantas estructurales típicas: Figuras 2.1.1

Estructura regular en planta y elevación, 5 claros de 8.90 m en la dirección larga y 3 claros de 6 m en la dirección corta

2.2 Cortes estructurales típicos: Figuras: 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3

Altura de entrepiso tipo de 3.10 m

2.3 Detalles estructurales relevantes: El eje D no es paralelo a los ejes A, B y C. Los capiteles son de dimensión

muy reducida en la dirección corta. Son de 1.5 m con columnas de 1 m; por tanto sobresaliendo sólo 25 cm

2.4 Cimentación: Semi-compensada con pilotes de punta. Profundidad de excavación es de 5 m.

El peralte de las contratraves es de 2.35 m

2.5 Comentarios y datos generales:

El refuerzo es grado 42. El concreto es de  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  en cimentación y 200 en estructura

### 3. Descripción de daños

3.1 Descripción general de daños: Los daños en columnas se encuentran concentrados entre los niveles N3 y N6; son más acentuados en la dirección corta y están constituidos por grietas inclinadas de cortante, principalmente en los marcos intermedios y en las columnas interiores.

En la dirección larga las grietas en columnas son principalmente horizontales (debidas probablemente a contracción por escaso recubrimiento de estribos) verticales o con poca inclinación, posiblemente por carga axial y cortante.

En las losas existe agrietamiento severo por cortante en las nervaduras inmediatamente fuera de la zona maciza. El agrietamiento es mucho más severo en la dirección corta donde el tamaño de capitel es más reducido y no existen muros de mampostería en los extremos. El daño se concentra en los niveles 2 a 6. En la dirección larga el agrietamiento es menos acentuado. Hay aplastamiento generalizado

en el perimetro de las columnas e indicio de fluencia del refuerzo de las nervaduras. El agrietamiento en la cara superior de la losa indica problemas de cortante alrededor de la columna e indicios de líneas de fluencia en la dirección corta.

No son apreciables a simple vista hundimientos diferenciales ni desplomes

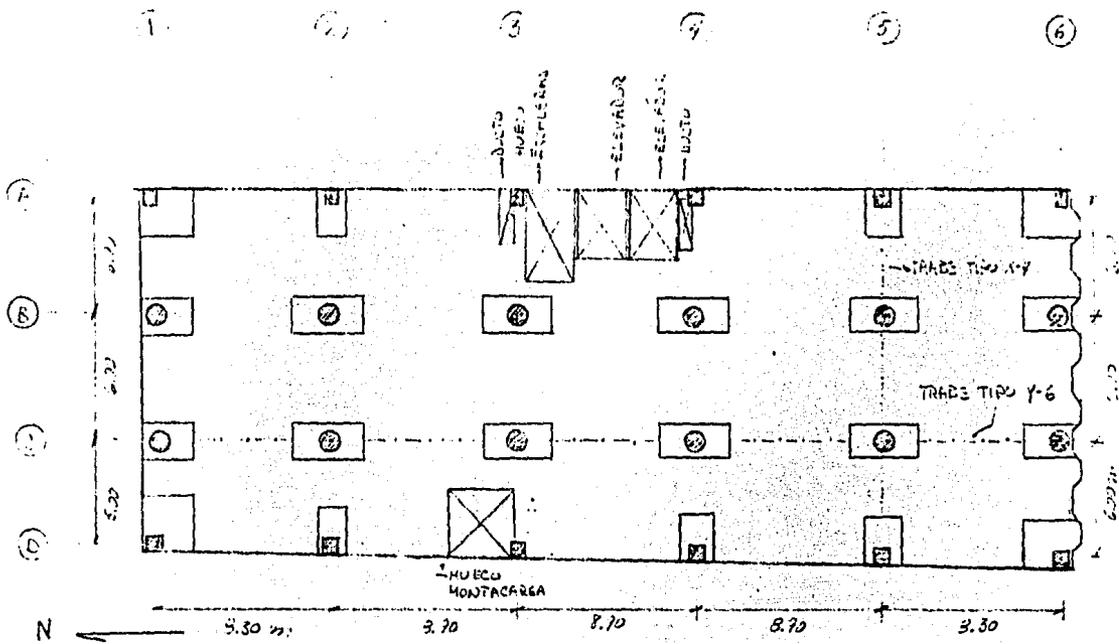


Fig. 2.1.1

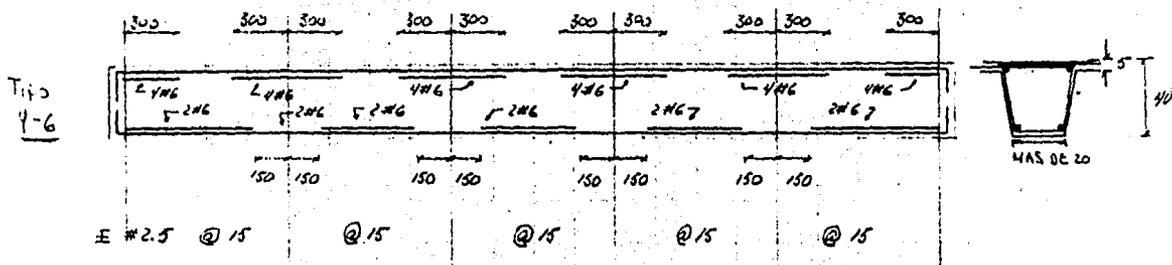
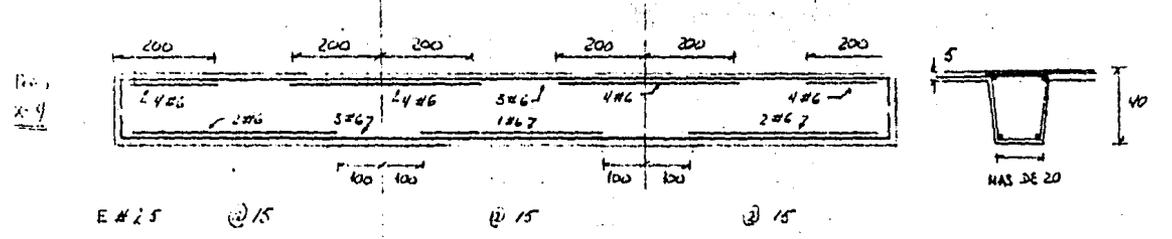


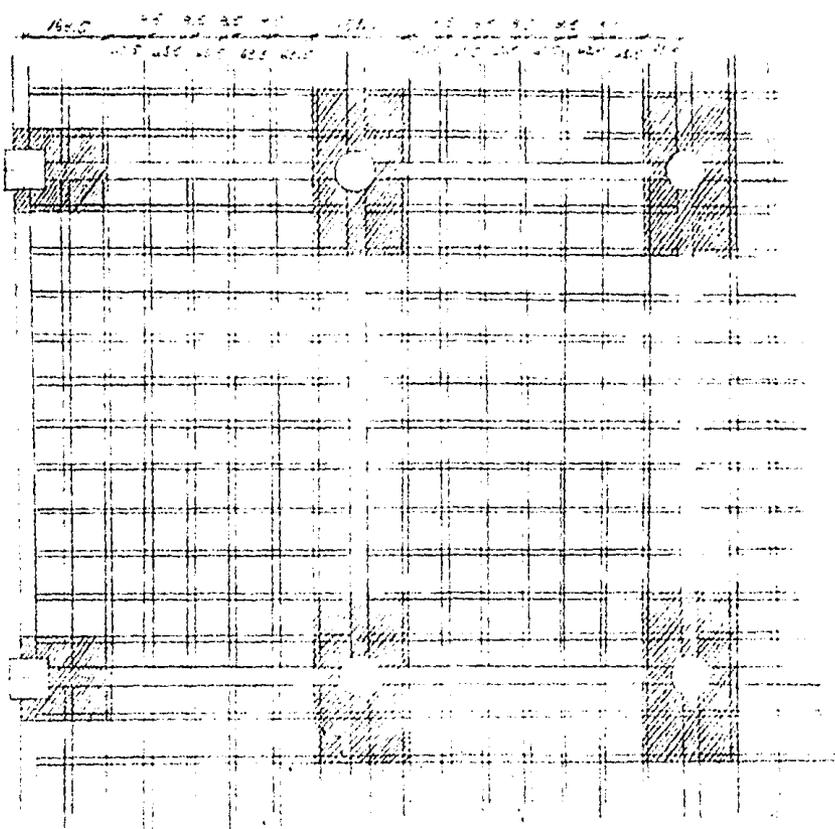
Fig. 2.2.1

LR11-05

(6)

(E)

(3)



TABLERO TIPICO

Fig. 211

LR11-05



NOTACION :

Daños en Nervaduras de losa:

Ejemplo:  Indica que la grieta atravieza otras 3 nervaduras hacia el eje , además de la nervadura de eje.

Daños en Losa



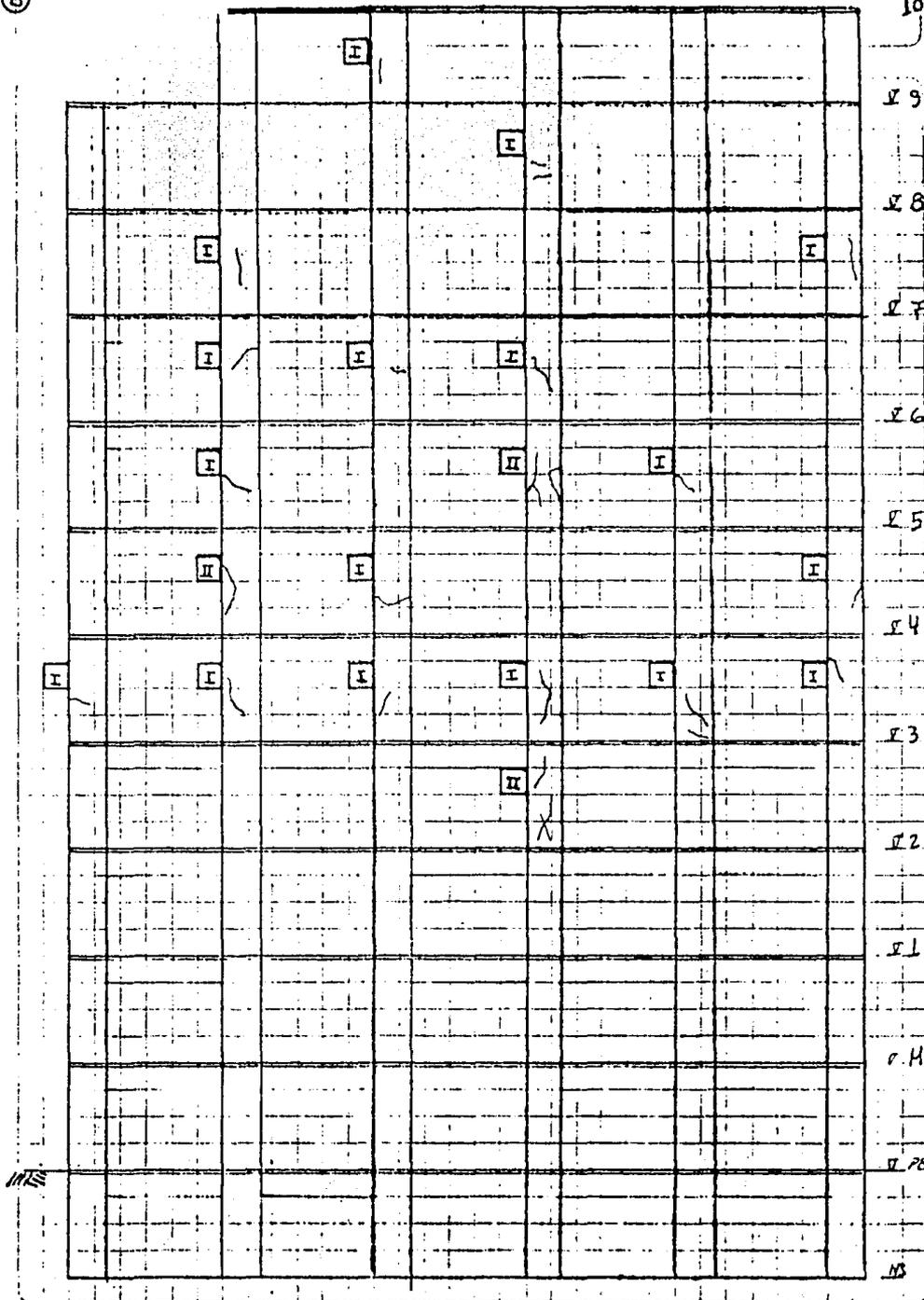
Indica que se ve el acero pandeado



Indica que se ve el acero no pandeado.

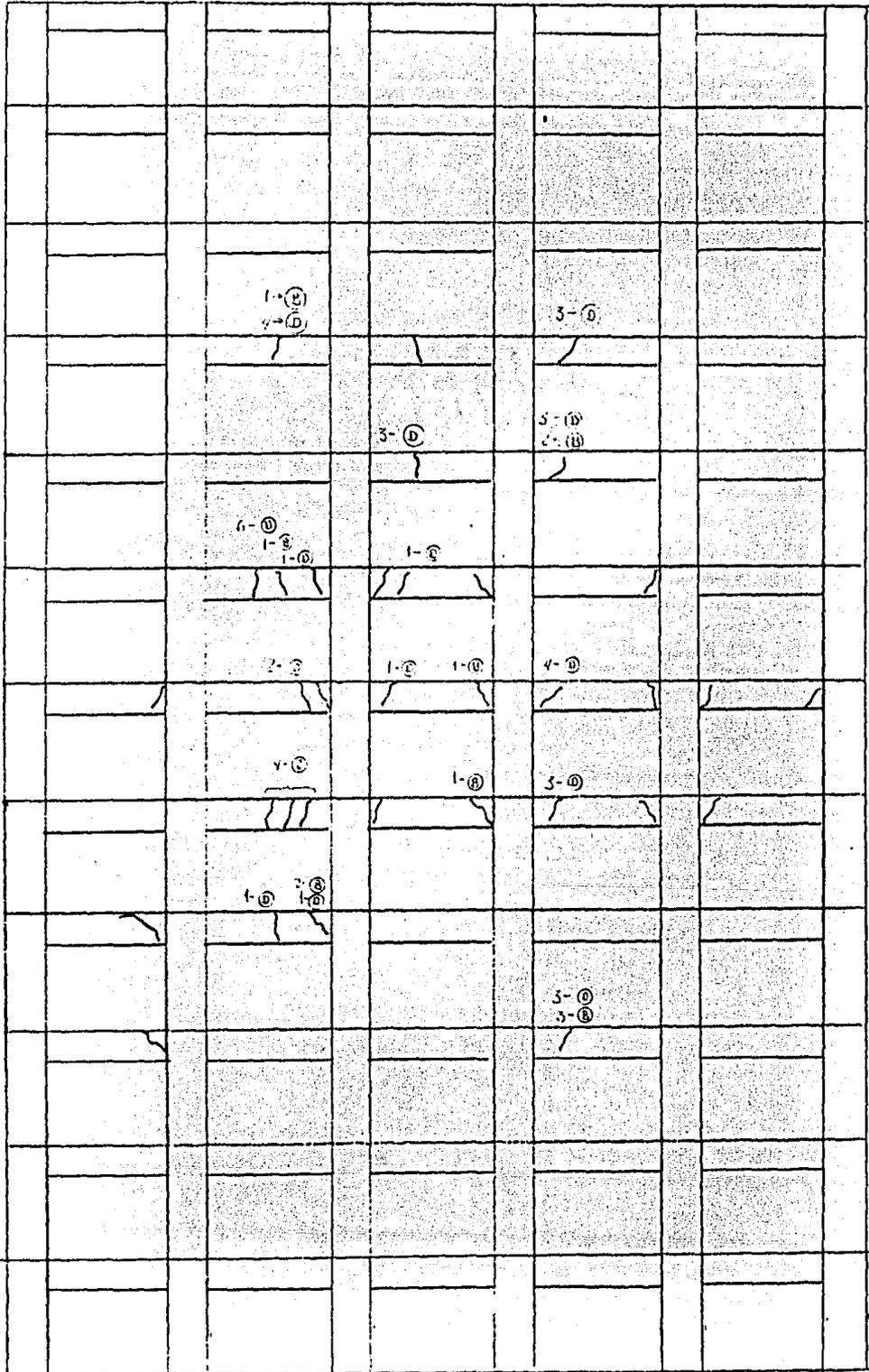
①      ②      ③      ④      ⑤      ⑥

EJE ⑧





Eje (C)



Σ N3

Σ N5

Σ N7

Σ N6

Σ N5

Σ N4

Σ N3

Σ N2

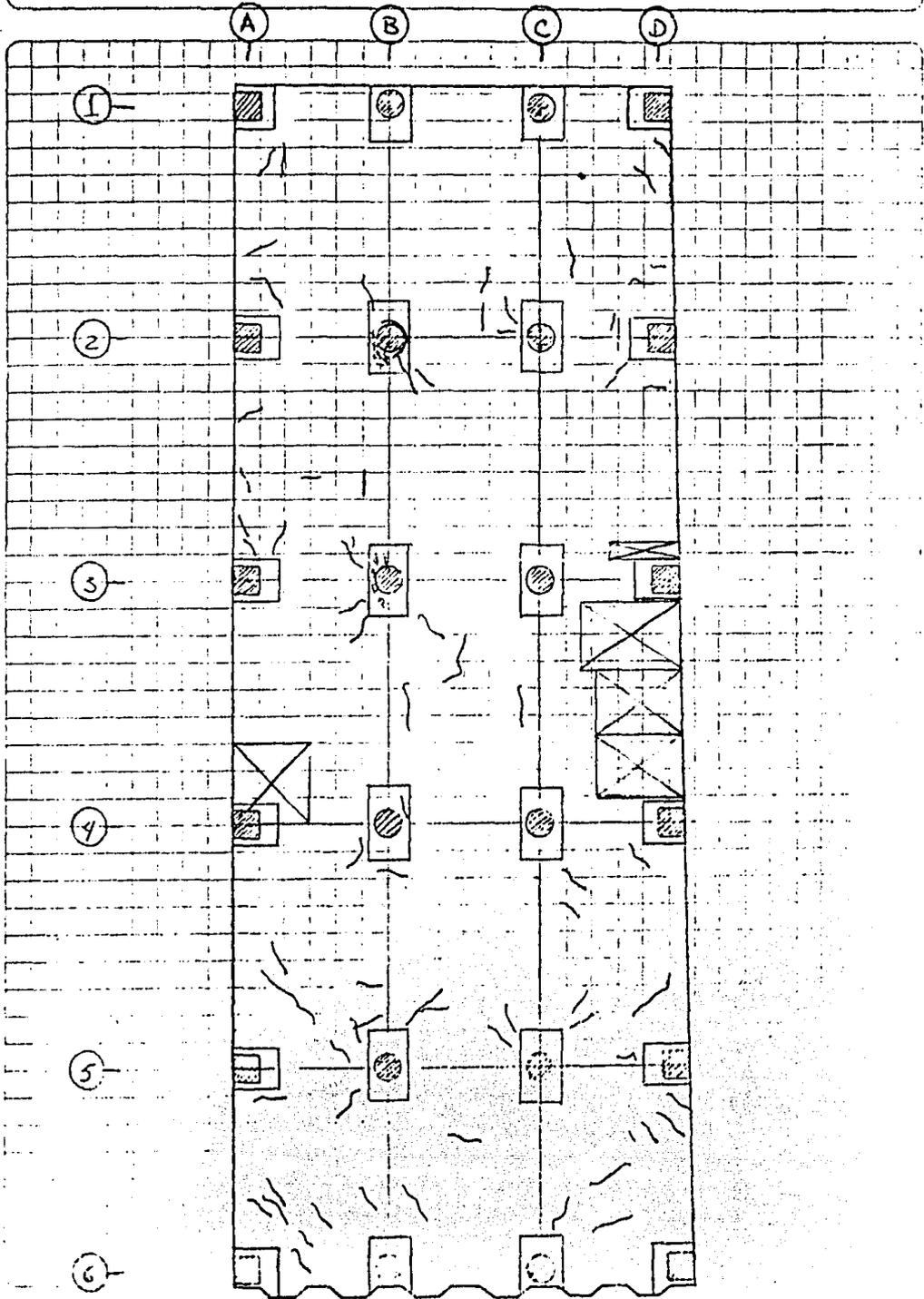
Σ N1

Σ N4

Σ N7B



3° NIVEL



## EVALUACION DETALLADA DE ESTRUCTURAS DAÑADAS

### 1. Datos generales

1.1 Clave del edificio: LR08-06

1.2 Ubicación:

1.3 Uso: Habitación

1.4 Tipo estructural: Estructura de concreto, losa aligerada de 35 cm de peralte, columnas rectangulares muy delgadas en dirección corta. Muros de mampostería en todos los niveles en colindancia (dirección larga). Muros divisorios de tabique abundantes en planta tipo y casi nada en planta baja. Cajón de cimentación con pilotes

1.5 Forma y número de niveles: PB + 7 niveles + Azotea. En azotea hay cuartos de servicio estructurados con muros de carga y losas de concreto

1.6 Fecha de construcción: 1979 (aproximadamente)

### 2. Descripción de la estructura

2.1 Plantas estructurales típicas: Figuras 2.1.1

Estructura irregular en planta (rectangular con cubo de luz en zona central y en un extremo); regular en elevación.

En su lado corto tiene 11.45 m en dos claros de 5.18 m y 6.27 m. En su lado largo tiene 28.7 m en 6 claros de longitudes distintas

## 2.2 Cortes estructurales típicos: Figuras 2.2.1

Altura de entrepiso de 2.65 m, inclusive el primer nivel

## 2.3 Detalles estructurales relevantes: La columna D-4 se encuentra sobre el eje 4 pero defasada del eje D como lo indica la figura.

En el marco del eje 2 no hay continuidad entre las columnas de los ejes C y D. En el marco del eje 1 hay una trabe de liga entre los ejes C y D; a través de ella pasan diversos tubos de desagüe con diámetro de aproximadamente una tercera parte del ancho de la viga.

La columna G-3 tiene su eje longitudinal en la misma dirección que el eje transversal de todas las demás columnas.

Los muros de carga de los cuartos de azotea están desplantados sobre la losa reticular sin coincidencia con ejes de columnas.

## 2.4 Cimentación: Se tiene cimentación formada por 31 pilotes de fricción con diámetro de 60 cm que llegan a una profundidad de 19 m.

## 2.5 Comentarios y datos generales: El concreto es nominalmente de $250 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el acero es $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

## 3. Descripción de daños

### 3.1 Descripción general de daños: Los daños en columnas se encuentran concentrados entre la P.B. y el nivel 5, siendo más afectada la cara de mayores esfuerzos en la dirección

N-S que es la dirección corta en la cual es menor el número de muros de mampostería. Referente a la distribución de daños con respecto a la altura el daño más grave es en la planta baja. El daño parece ser debido a efectos combinados de cortante y de flexocompresión.

Las fallas se concentraron en los muros de mampostería en la dirección N-S, en donde se puede observar a través de las grietas al otro lado del muro. Los muros en la dirección E-W no tuvieron daños aparentes. En losas los daños fueron muy ligeros, consisten en algunas grietas muy pequeñas en el firme del lecho superior. No es posible comprobar que penetren en la losa. La parte inferior de la losa tiene los casetones llenos con bloque con yeso y tirol corrido. Las nervaduras no son visibles. No hay ninguna grieta en el tirol.

3.2 Indicación de grietas en alzadas y planta típica: En las figuras se muestra el daño que presenta el edificio en cada eje de acuerdo a la simbología que ahí mismo se explica. El grado de daño se divide en 5 niveles de acuerdo a la tabla 1; dicho daño se encuentra indicado en las figuras dentro de un cuadrado

3.3 Desplomes: Los desplomes medidos se encuentran indicados en la figura. Son de poca monta y probablemente existieran desde antes del sismo.

#### 4. Verificación de propiedades de la estructura

4.1 Fueron extraídos: Núcleos de columnas, cuyas pruebas arrojaron los siguientes resultados

Muestra	Localización	Resistencia	(Kg/cm <sup>2</sup> )
1	P.B.	186	Media = 210 kg/cm <sup>2</sup>
2	P.B.	193	Media eliminando valores extremos = 201
3	Nivel 2	240	Desviación estándar = 39 kg/cm <sup>2</sup>
4	Nivel 5	170	
5	Nivel 6	262	

Estos resultados indican mucha variabilidad en la resistencia, valores bajos coincidentes con los pisos más dañados

4.2 Se midió un período natural de 0.7 seg en dirección corta (N-S) y de 0.4 seg en la dirección larga.

4.3 Se anexan algunas fotos de daños típicos

## COMENTARIOS ADICIONALES.

El que se concentren los daños graves en la PB y la poca cantidad de muros de mampostería en dicho nivel (estacionamiento) con respecto a los niveles superiores hace pensar en el que pudo haberse presentado el caso de primer piso flexible. Por otro lado la irregular estructuración parece no haber provocado problemas de torsión o de concentración de esfuerzos en algún elemento estructural.

LROB-06

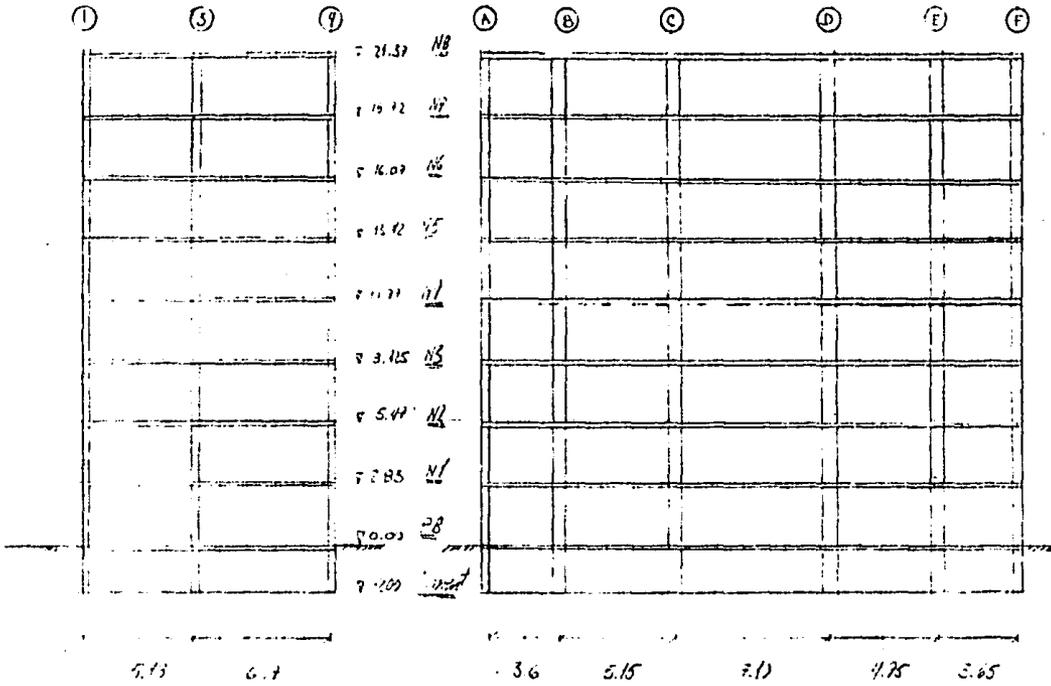
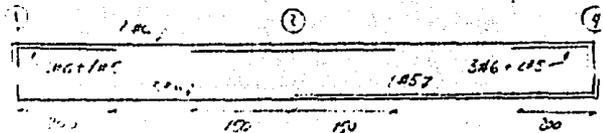
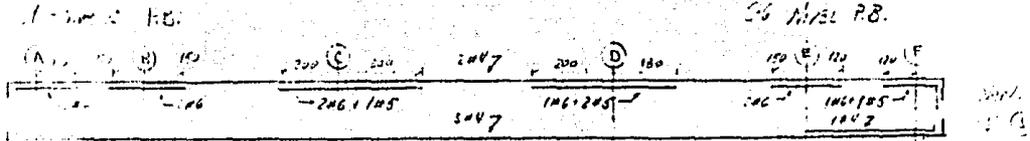
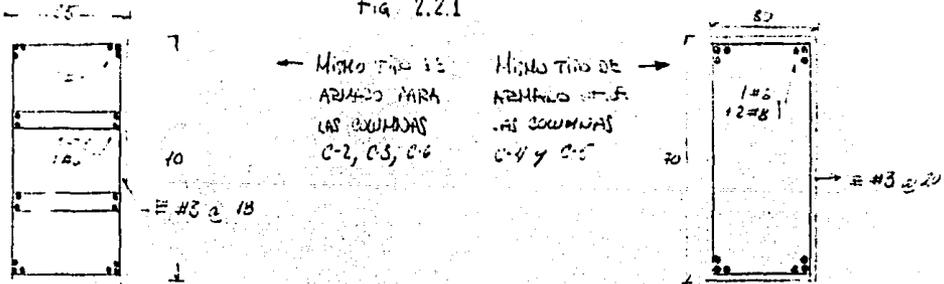


Fig. 2.2.1



Ver eje (B)

LR08-06

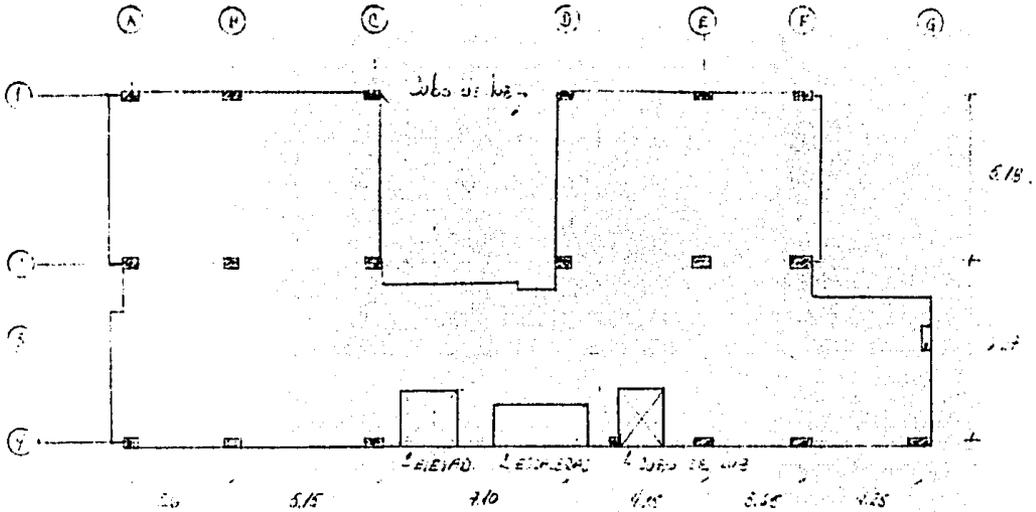
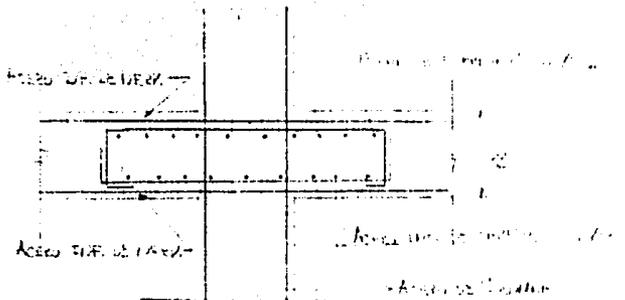
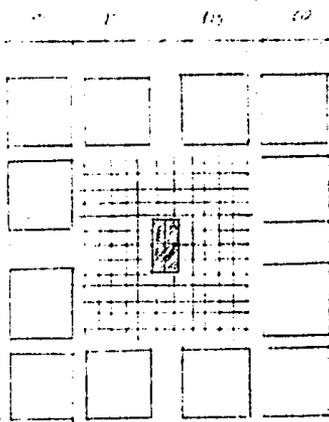
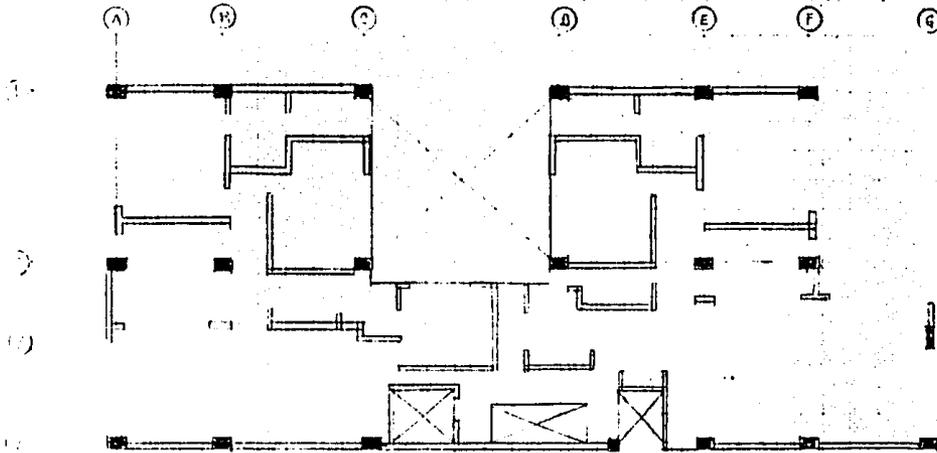


Fig. 2.11 Planta Tercera



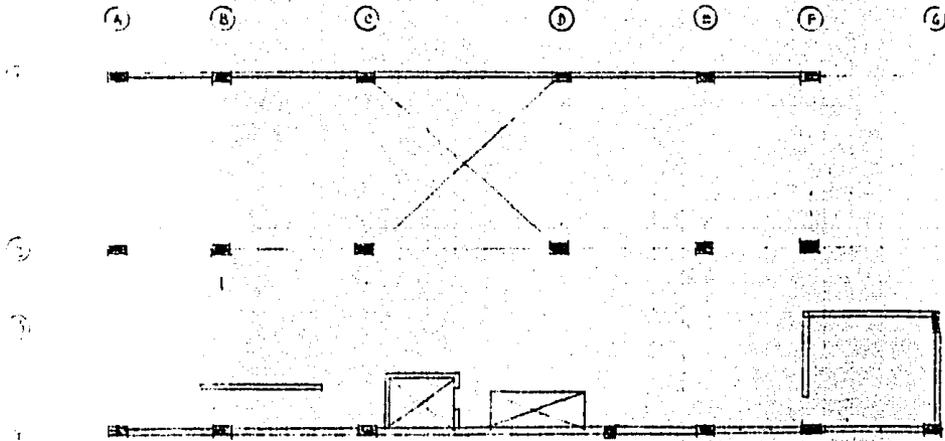
Planos de planta y secciones de la estructura.

Fig. 2.12 Anillo de cimentación



DISTRIBUCIÓN DE MUROS DE MAHONTERÍA, PLANTA TÍPICA

LRO8-06

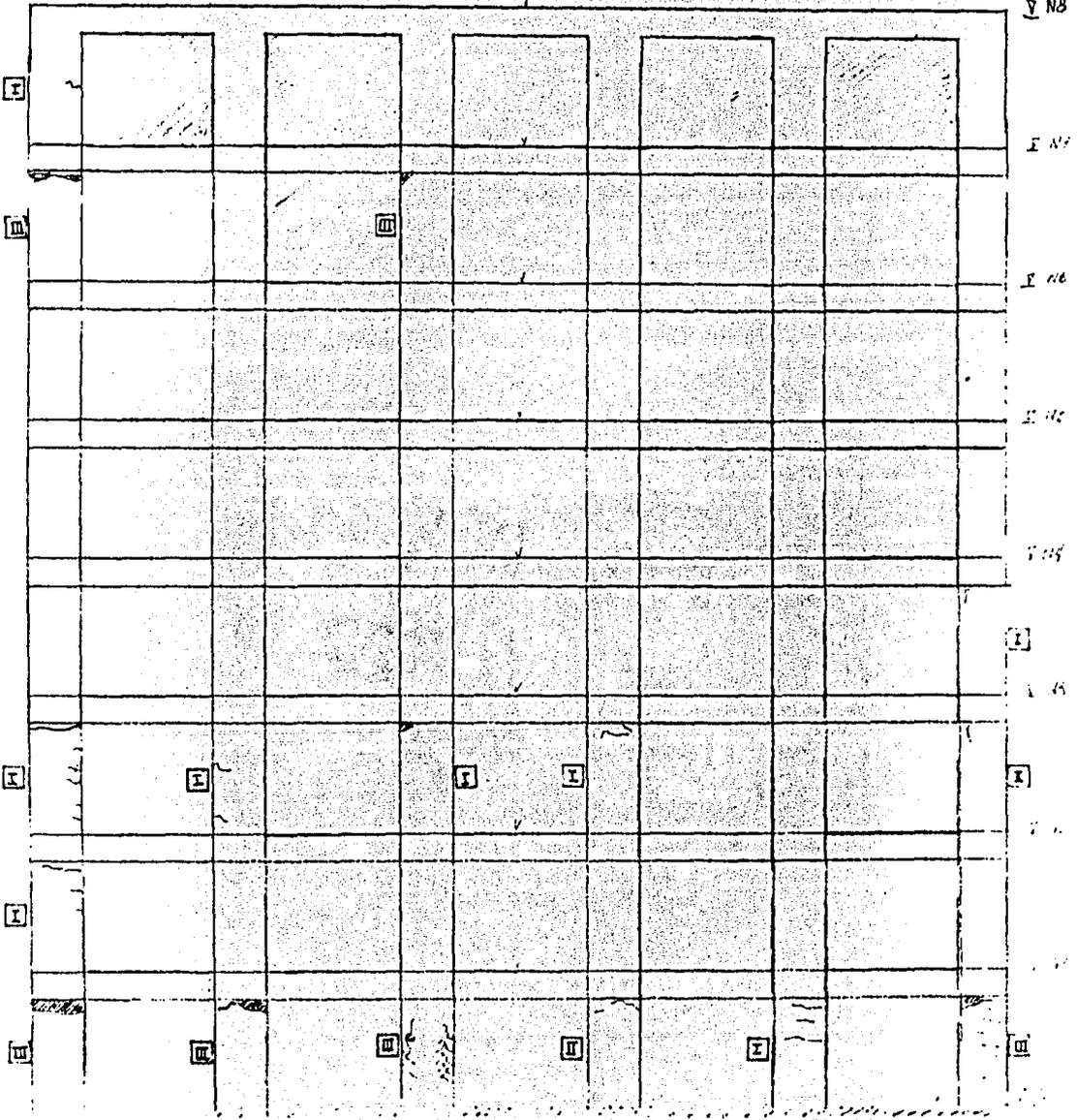


DISTRIBUCIÓN DE MUROS DE MAHONTERÍA, PLANTA BAJA

EJE 1

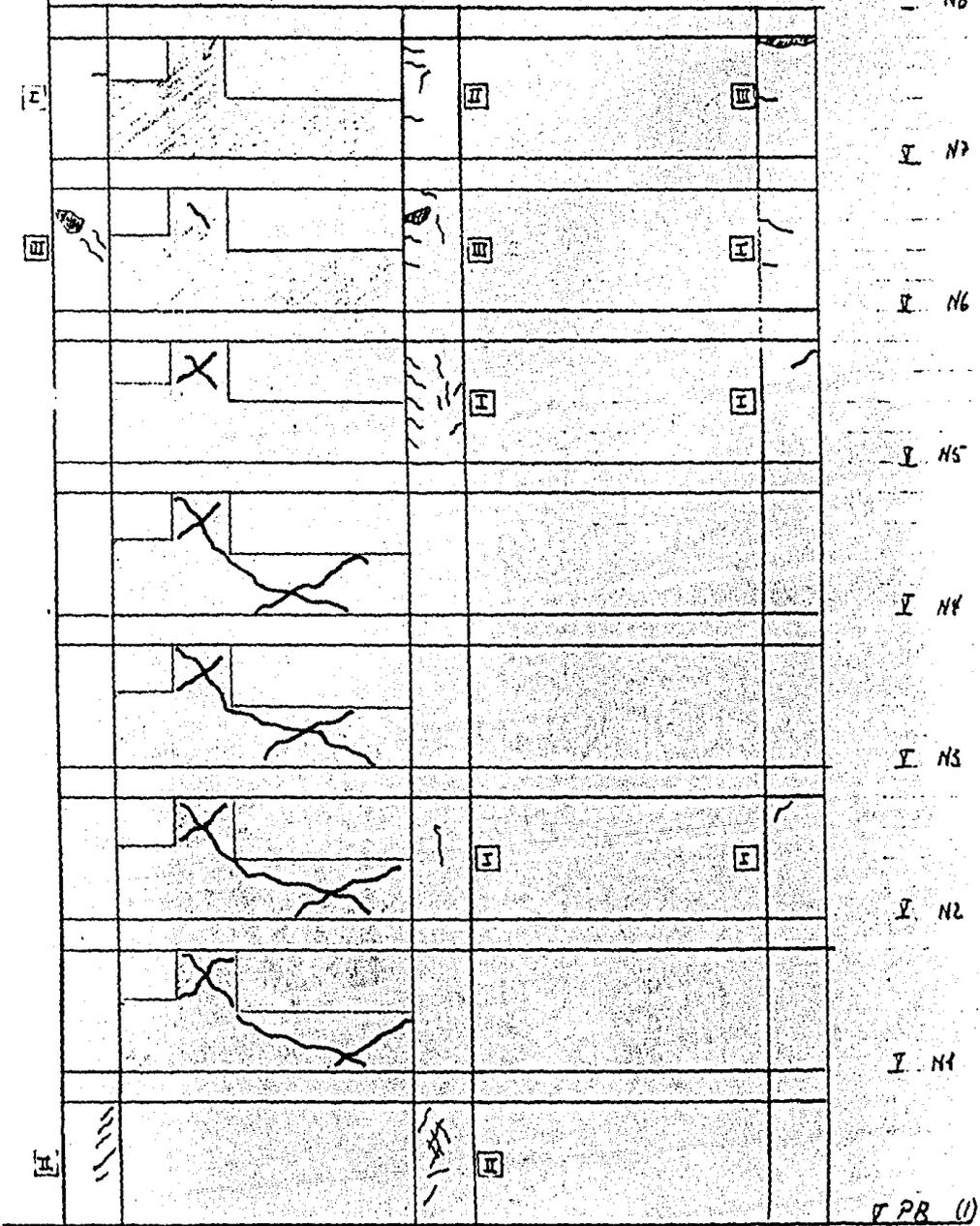
TRAZOS DE LISA

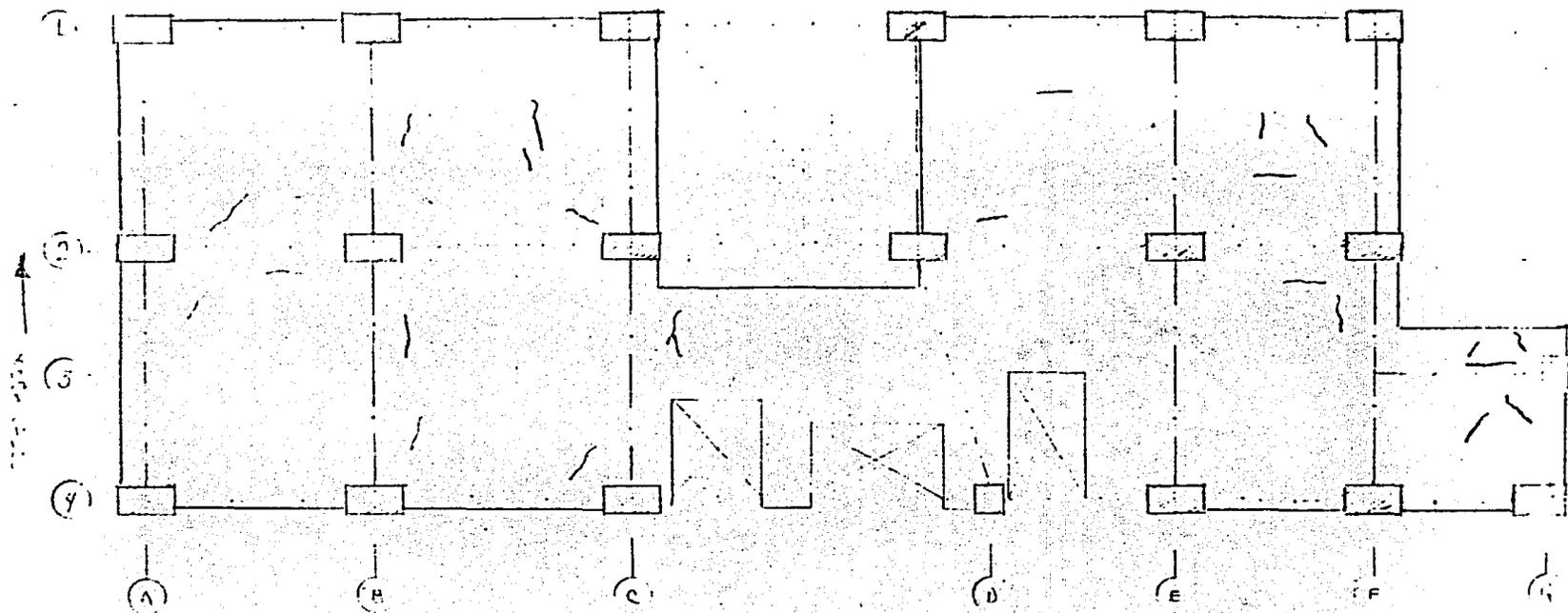
(A) (B) (C) (D) (E) (F)



Eje (C) — MUROS DE MAESTRÍA

(1) / (2) (4)





NIVEL 6

## EVALUACION DETALLADA DE ESTRUCTURAS DAÑADAS

### 1. Datos generales

- 1.1 Clave del edificio: LR10-07
- 1.2 Ubicación:
- 1.3 Uso: Oficinas y guardería
- 1.4 Tipo estructural: El edificio está formado por columnas cuadradas y losa reticular. No tiene muros de concreto, pero sí muros de mampostería en todas sus colindancias. Cimentación de tipo semicompensado, sótano, cajón de cimentación y pilotes de fricción (probable)
- 1.5 Forma y número de niveles: 9 niveles + P.B. + sótano + azotea, planta casi cuadrada con cubo de luz
- 1.6 Fecha de construcción: 1978 (aprox.)

### 2. Descripción de la estructura

- 2.1 Plantas estructurales típicas: Figuras 2.1.1  
Estructura regular en planta y en elevación, 5 claros de 8.26 m más un claro de 7.21 m en la dirección norte-sur, 6 claros de 8.23 m en la dirección este-oeste (paralela a Añil).
- 2.2 Cortes estructurales típicos: Figuras 2.2.1  
Altura de entrepiso tipo de 3.25 m y 3.60 m en P.B.
- 2.3 Detalles estructurales relevantes  
No hay muros de concreto ni contravientos. El cubo de escaleras y elevadores es de muros de mampostería, muy robusto y algo excéntrico. En el sentido normal a la calle los muros de colindancia son continuos. En la fachada interior paralela a la calle hay muros que no llegan al techo y dejan una ventana corrida.
- 2.4 Cimentación. No obtuvieron planos de la cimentación
- 2.5 Comentarios y datos generales: Se tiene una resistencia nominal en el concreto de  $200 \text{ kg/cm}^2$  y en el acero de  $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

### 3. Descripción de daños

- 3.1 Descripción general de daños: Los muros de mampostería resultaron gravemente dañados en ambas direcciones, siendo los más dañados los del cubo de las escaleras.

Casi la totalidad de las columnas presentan daños, aunque algunas en grado ligero, presentando los daños mayores las columnas localizadas en B-3, B4, y B-5. El daño más grave se presentó en la columna G-1, en el nivel 6, en donde inclusive presenta pandeo de acero de refuerzo. Las grietas inclinadas indican falla de cortante en ambas direcciones.

En losas el daño es generalizado en toda el área y en todos los niveles, siendo pocas las grietas que atraviesan de un lado a otro la nervadura, marcándose éstas en los croquis del levantamiento de daños. Se presenta una grieta de consideración entre los ejes C y B, paralela a estos ejes, en los niveles 2, 3, 4, 5. La zona maciza alrededor de las columnas se encuentra sin grietas con excepción de un par de casos, en donde las grietas son menores a 0.2 mm.

Las grietas en nervaduras fuera del capitel son de cortante; hay signos de aplastamiento del concreto en la conexión con la columna. El capitel tiene fuertes radiales que salen de la columna. No hay líneas de fluencia claras.

Tanto en columnas como en losa el daño es más grave entre los niveles 5 y 7.

El edificio tiene un hundimiento notable con respecto a la calle (aproximadamente 50 cm) tiene un desplome aparente hacia la esquina N-E. Se aprecia un hundimiento general del cubo de elevadores y escaleras con respecto al resto de la construcción.

Levantamiento de daños en losa.

El levantamiento de las losas de niveles PB; 1; 2 no fue completo debido a que esos niveles fueron utilizados como bodega, siendo posible el levantamiento alrededor de algunas columnas.

El levantamiento en la centros de tablero no fue exhaustivo debido a la presencia de plafón.

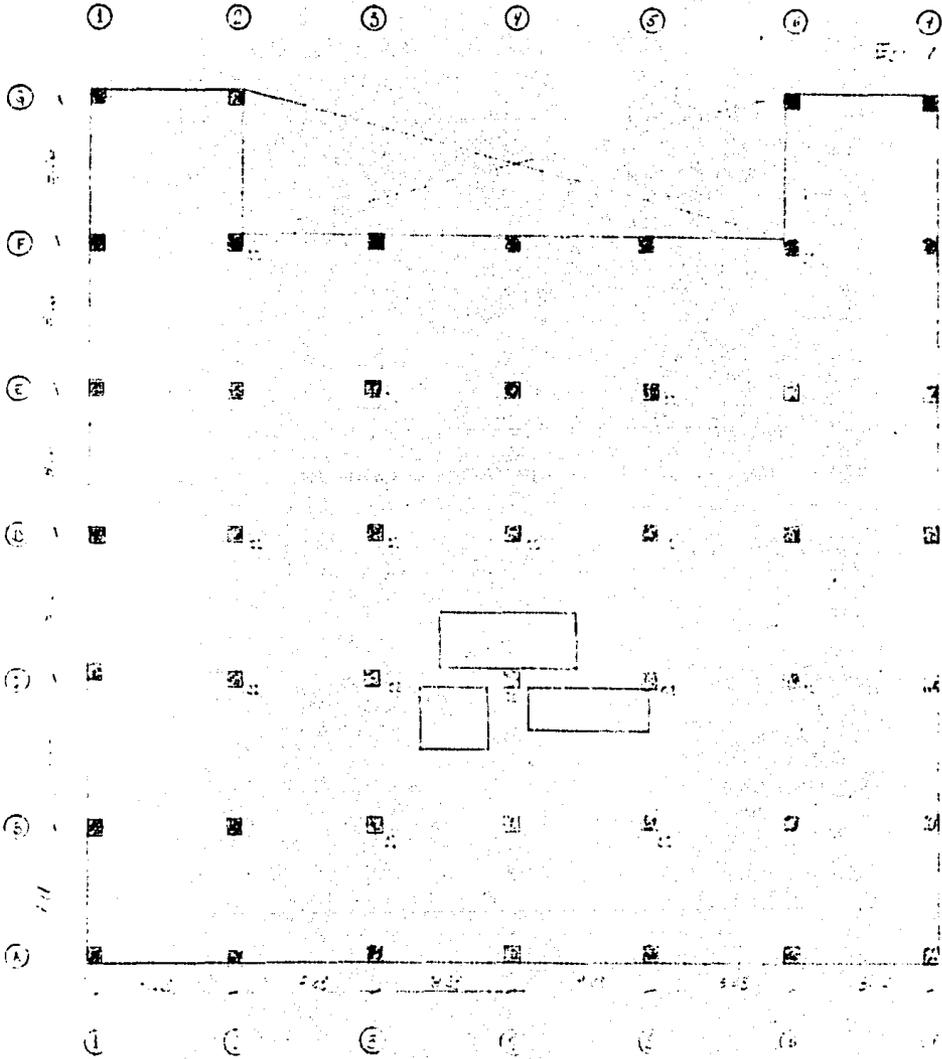
Notación: 1 No fue posible observar esa zona.

4. Verificación de propiedades del edificio  
Los periodos fundamentales de vibración medidos fueron los siguientes, 2.18 seg en la dirección perpendicular a Añil y 1.94 seg en la dirección paralela a Añil.

#### COMENTARIOS ADICIONALES .

Se puede observar que el patrón de grietas de las columnas en las caras que presentan los esfuerzos en la dirección N-S, se encuentra perfectamente definido como si los esfuerzos hubieran sido aplicados solamente en un sentido. La grieta que se presenta en la losa, paralela a la dirección E-W puede haber sido provocada por el hundimiento diferencial del cubo de elevadores. Es bueno mencionar que éste edificio sufrió daños considerables en los muros de mampostería durante el sismo del 79, sin embargo los daños estructurales fueron de menor escala que los que se presentaron en el sismo del 85.

LR10-07 Fig. 2.1.1



1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

1 2 3 4 5 6 7

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

1 2 3 4 5 6 7

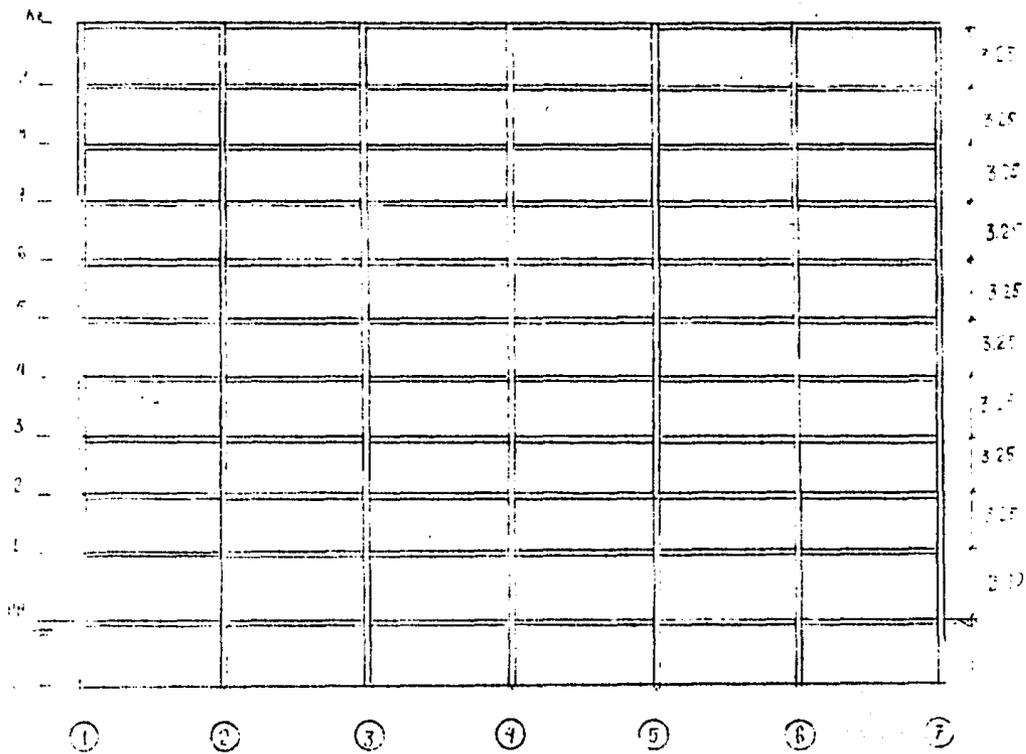
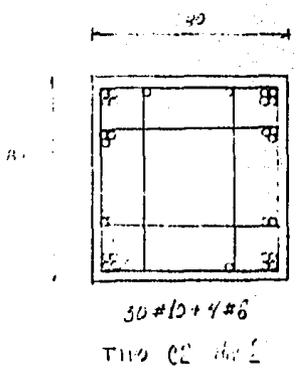
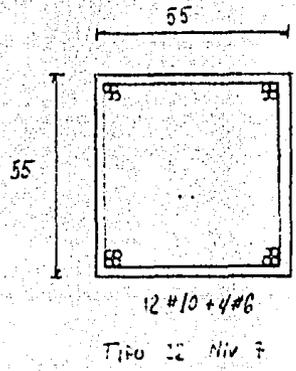


Fig. 2.2.1  
LR10-07 EJE D



ARMADO TIPO DE COLUMNAS





Ej<sub>2</sub> (8)

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	№
II	II	I	I	II	II	II	II
I	I	I	II	I	I	I	I
	I	II	II	II	II	I	I
III	III	II	I	II	II	I	I
I	I	II	II	II	II	I	I
	I	II	II	I	I	I	I
III		I	I	I	II	I	I
I		I	II	II	I	II	II
		I		II			
		I	I	I	I		

№ N 207

№ 17

№ 113

№ 117

№ 116

№ 115

№ 114

№ 113

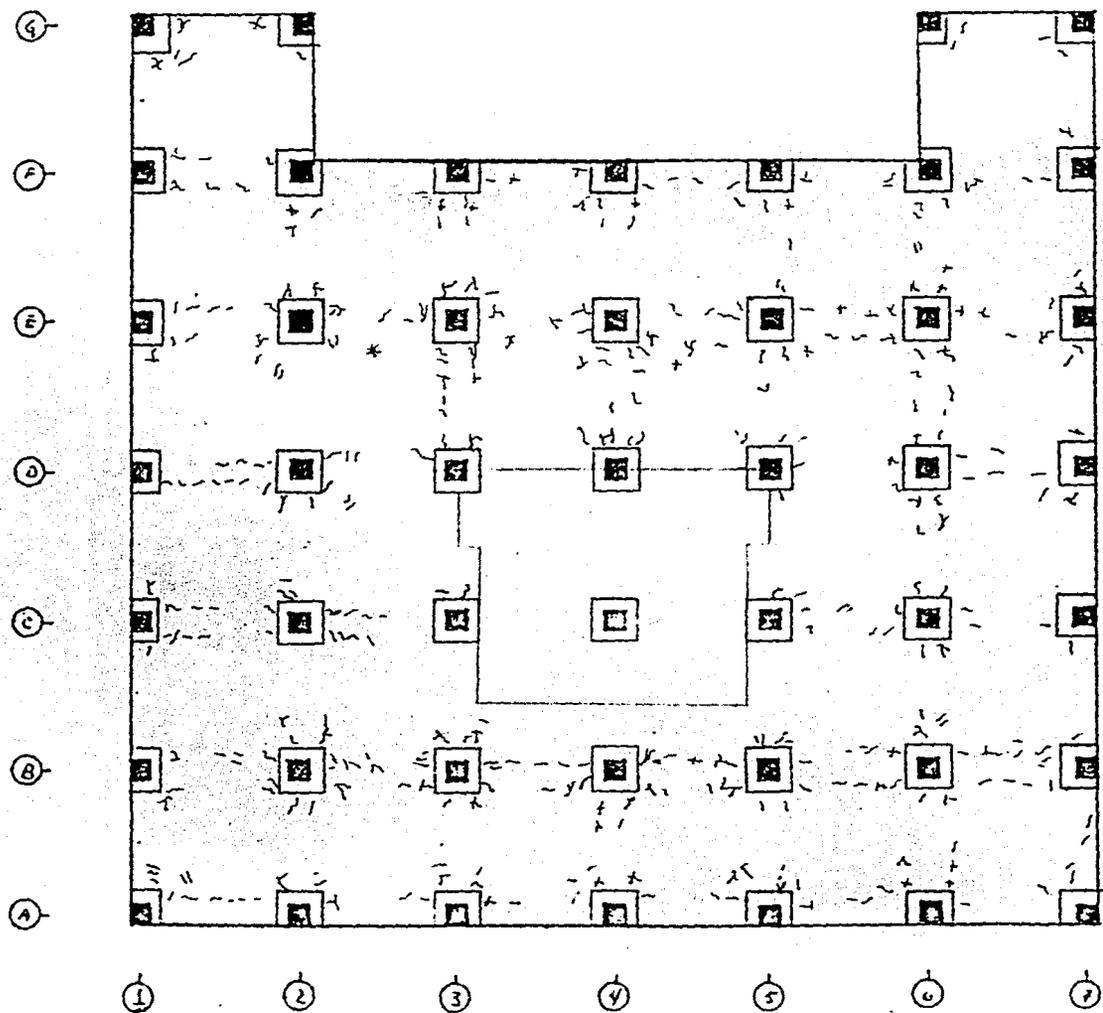
№ 112

№ 111

№ N P 8.

№ N. SUTANJO

LosA Nivel ⑥



## COMENTARIOS GENERALES.

En algunos edificios los sistemas destinados a resistir cargas laterales no fueron suficientes, tal fué el caso de los edificios LR07-04; LR11-05; LR09-07; LR07-08; en éstos jugaron un papel preponderante los muros de mampostería, los cuales resultaron con daños bastante graves en algunos casos al absorber gran parte de la energía, gracias a los cuales se evitaron daños mayores o posibles colapsos. En ninguno de éstos casos el efecto de los muros de mampostería fué negativo.

En edificios con columnas rectangulares la dirección corta de las columnas tenía coincidencia con la dirección en que no trabajaban los muros de concreto, en caso de haber, en donde el número de muros de mampostería era menor por coincidir con la dirección de fachada y algunas veces coincidiendo con la dirección corta del edificio. Dichas características arquitectónicas como es obvio provocan una resistencia y rigidez menor en una dirección siendo esto representativo en el daño que presentaron los edificios levantados, siempre existió una dirección con mayor cantidad de daños así como ligeramente más graves, sobre todo en columnas, que en general coincidía con las características antes señaladas.

En ningún caso, a excepción del LR10-07, se presentaron daños o grietas en columnas, vigas o losas de nivel sótano.

#### 4. METODOS APROXIMADOS DE LA EVALUACION DE LA SEGURIDAD SISMICA DE EDIFICIOS EXISTENTES

Los métodos utilizados y aquí descritos, para evaluar la seguridad sísmica de los edificios tratados fueron elaborados por el Dr. Roberto Meli P. como aspectos fundamentales de estos procedimientos tenemos que se basan en criterios de análisis al límite (plástico) o sea en la aparición de mecanismos de falla de entrepiso ante cargas laterales. Se determina un índice de resistencia con una estimación aproximada de la fuerza necesaria para propiciar el mecanismo de falla. Por basarse en un método de mecanismo de falla de entrepiso se ignora la distribución de fuerzas de acuerdo a rigideces relativas y los efectos de momentos de volteo por lo cual la aplicación está limitada a edificios de altura baja o intermedia. La torsión, el volteo, así como los efectos de irregularidades son tomados en cuenta mediante factores correctivos aproximados. La fuerza cortante resistente de entrepiso se obtiene como la suma de las resistencias de los elementos verticales según el modo de falla que intervenga en el mecanismo. Estas resistencias se afectan de factores de participación (menores a uno) que toman en cuenta la diferencia en las relaciones carga-deformación que no permiten que se alcancen simultáneamente las capacidades máximas de todos los miembros.

Los métodos tienen como antecedentes el "Método simplificado de diseño sísmico del RDF 66" y el procedimiento que se ha desarrollado en los últimos años en el Japón para la evaluación

rápida de edificios existentes.

Se proponen dos procedimientos, uno muy simplista basado exclusivamente en las propiedades geométricas de los elementos y el otro que toma en cuenta el refuerzo de los elementos y mecanismos de falla más complejos. Se pretende aplicar el primer procedimiento para determinar dónde puede haber problemas y cuáles son los entrepisos críticos y ahí aplicar el segundo procedimiento.

El índice de seguridad sísmica está dado por:

$$C_i = \frac{V_{Ri}}{P_i n w A_p}$$

que proviene de  $V_A = V_R$

Donde:

$V_A$  = Fuerza cortante actuante

$V_R$  = Fuerza cortante resistente

### PRIMER PROCEDIMIENTO

Fuerza cortante actuante.-

Considerando que todos los pisos son iguales en cuanto a peso y área:

$$V_{Ai} = C_i P_i n w A_p$$

donde:  $P_i$  : Coeficiente de reducción de fuerza cortante en la base de acuerdo a la altura.

$$P_i = \frac{n + i}{n + 1} \frac{(n - i + 1)}{n}$$

$n$  = Número total de entrepisos

$w$  = Peso de entrepiso en  $\text{kg/m}^2$

$A_p$  = Area de la planta de entrepiso

Fuerza Resistente de entrepiso.-

$$V_{Ri} = \alpha_1 \Sigma(A_m v_{im}) + \alpha_2 \Sigma(A_m v_{RM}) = \alpha_3 \Sigma(A_c v_{RC})$$

Donde:  $\alpha_1$  = Factor de participación de muros de mampostería

$\alpha_2$  = Factor de participación de muros de concreto

$\alpha_3$  = Factor de participación de columnas de concreto

Se considera  $\alpha_j = 1.0$  al grupo de elementos que aportan la mayor contribución a cortante y  $\alpha_j = 0.7$  a los restantes

$\Sigma A_m$  = Suma de areas transversales de muros de mampostería en la dirección considerada

$v_{Rm}$  = Esfuerzo cortante resistente de la mampostería

	MAMPOSTERIA CONFINADA O CON REFUERZO INTERIOR		MAMPOSTERIA NO REFORZADA ADOBE, PIEDRA Y SIMILAR
	TABIQUE O BLOQUE CON MORTERO DE BUENA CALIDAD	TABICON O MAMPOSTERIA POBRE	
MURO DIAFRAGMA	1.6	1.2	
MURO DE CARGA	1.3	1.0	0.3

Valores de  $v_{RM}$  en  $kg/m^2$

$A_M$  = Area transversal de muro de concreto en la dirección considerada

$v_{RM}$  = Esfuerzo cortante resistente de muros de concreto

$$\frac{H}{L} < 2 \qquad \frac{H}{L} > 2$$

MURO CONECTADO EN AMBOS EXTREMOS A COLUMNAS	20	16
MURO SIN COLUMNAS EN SUS EXTREMOS	16	12

H = Altura del muro arriba del nivel que se está considerando

L Longitud del muro incluyendo las columnas de los extremos en caso de tenerlas.

Valores de  $v_{RM}$  en  $kg/cm^2$

$A_c$  = Area transversal de columnas

$v_{Rc}$  = Esfuerzo transversal de columnas  $v_{Rc} = 6 \text{ kg/cm}^2$

## SEGUNDO PROCEDIMIENTO

Se trata de un refinamiento del procedimiento anterior pero en este caso se analiza el modo de falla crítico de cada elemento vertical, tomando en cuenta el refuerzo, la carga axial actuante y la interacción con el sistema de piso.

Fuerza cortante actuante.- Se determina del mismo modo que el procedimiento anterior

Fuerza cortante de entrepiso.- Se determina en forma similar al método anterior:

$$V_{Ri} = \Sigma (\alpha_1 A_m v_{zm}) + \Sigma (\alpha_2 A_M v_{RM}) + \Sigma (\alpha_3 A_C v_{RC})$$

Resistencia de muros de mampostería.- Se determina con el método simplificado de las Normas Técnicas complementarias (NTC) de RDF-76.

$$v_{Rm} = 0.85 v^* \frac{F_R}{F_C}$$

Para muros no diafragma:

$$v_{Rm} = 0.7 v^* \frac{F_R}{F_C}$$

v\* Se toma de la tabla del inciso 3.3 de las NTC de mampostería.

$F_R = 0.6$  para muros confinados o reforzados interiormente

$F_C = 1.1$

Resistencia de Muros de concreto.

Se considera que la capacidad del muro está regida por cortante o por flexión, se investigan ambos modos de falla y se considera el que dé capacidad menor

Cortante

$$v_{RM} = \frac{F_R}{F_C} (0.5 \sqrt{f_c^*} + P_h f_y) \quad \frac{h_w}{2L} > 4$$

$$v_{RM} = \frac{F_R}{F_C} (0.85 \sqrt{f_c^*} + P_h f_y) \quad \frac{h_w}{2L} < 4$$

Donde:

$P_h$  = cuantía del refuerzo horizontal  $P_h = \frac{A_c}{st}$

$A_c$  = Area de refuerzo horizontal comprendido a una distancia S

t = Espesor del muro

$h_w$  = Altura del muro arriba del nivel en consideración

$F_R = 0.8$ ;  $F_C = 1.1$

Para muros monolíticos con columnas en sus extremos, la resistencia se incrementa en 4/3

### Flexocompresión

Si el refuerzo por flexión está concentrado en los extremos, entonces

$$M_{RM} = \frac{F_R}{F_C} (A_s t f_y d' + 0.3 P d)$$

$A_s$  = Area de acero en tensión

$d'$  = Distancias entre centroides de refuerzo extremo. (0.8L en general)

$d$  = Peralte efectivo del refuerzo de Tensión (0.9L)

$P$  = Carga axial sobre el muro

Si el refuerzo está uniformemente distribuido en la longitud del muro, entonces:

$$M_{RM} = \frac{F_R}{F_C} [P_v t f_y C(L-C) + 0.4 c t f_c^*(L-0.8c)]$$

$$P_v = \frac{A_v}{t l}$$

$$C = \frac{P + P_v t L f_y}{0.8 t f'_c + 2 P_v t f_y}$$

La fuerza cortante que corresponde a ese momento vale:

$$V_{RM} = \frac{2M_{RM}}{hw}$$

Siendo el esfuerzo cortante:

$$v_{RM} = \frac{V_{RM}}{t l}$$

Resistencia de Columnas de Concreto

La capacidad estará regida a la menor de los que corresponden a los mecanismos siguientes: Cortante en columnas, flexocompresión en columnas, flexión en las vigas (o losa reticular) que limitan la columna y cortante en los mismos.

Cortante en Columnas

$$v_{RC} = \frac{F_R}{F_c} \quad (0.5 \sqrt{F'_c} = P_v f_y)$$

$$P_v = \text{cuantía de refuerzo transversal} \quad P_v = \frac{A_v}{bs}$$

b = ancho de columna

$$F_R = 0.8 \quad ; \quad F_C = 1.1$$

Flexocompresión en Columnas.-

$$M_{RC} = \frac{F_R}{F_C} \left[ 0.9 A_{st} f_y d + 0.5 p t \left( 1 - \frac{P}{b t f_c''} \right) \right] \quad P < 0.4 b t f_c''$$

$A_{st}$  = Area de acero longitudinal en tensión

t = Peralte total

P = Carga axial sobre la columna

$F_R = 0.7$  (a menos que la columna sea zunchada)

$$M_{RC} = \frac{F_R}{F_C} \left[ 0.9 A_{st} f_y d + 0.12 b t^2 f_c'' \left( \frac{P_o - P}{P_o - 0.46 b t f_c''} \right) \right] \quad P > 0.4 b t f_c''$$

$$P_o = b t f_c'' + A_{sty}$$

$$d + 0.9 t$$

El cortante que corresponde a ese momento flexionante vale:

$$V_{RC} = \frac{2M_{RC}}{h}$$

$h$  = altura de columna a ejes

Siendo en esfuerzo cortante:

$$v_{RC} = \frac{V_{RC}}{bt}$$

Flexocompresión en extremos de Vigas.-

$$M_{RV} = \frac{F_R}{F_C} (0.9 A_s f_y d)$$

$$F_R = 0.9; \quad F_C = 1.1$$

Por equilibrio en cada nudo se obtienen los momentos en cada extremo de la columna:

$$M_{RC} = \frac{M_{RV}^+ + M_{RV}^-}{2}$$

El cortante en la columna será:

$$V_{RC} = \frac{M_{RCS} + M_{RCI}}{h}$$

Y la resistencia por cortante en la columna será:

$$V_{RC} = \frac{V_{RC}}{bt}$$

Cortante en extremos de vigas.-

$$V_{RV} = \frac{F_R}{F_c} (0.5 \sqrt{f_c^*} + P_v f_y) bd$$

$$F_R = 0.8 ; \quad F_c = 1.1$$

El momento en el nodo resulta:

$$\Sigma M_V = V_{RV} (2d + t)$$

d = Peralte total de la viga

El cortante en columna resulta:

$$V_{RC} = \frac{M_{VS} + M_{VI}}{2h}$$

Flexión en losa plana

$$\Sigma M_V = \Sigma M_R^- + \Sigma M_R^+ \quad \text{en}$$

$$\Sigma M_R = \Sigma A_S \cdot 0.9 d f_y \frac{F_R}{F_c}$$

$A_S$  = Area de acero colocado en

El momento en columna será:

$$M_C = \frac{\Sigma M_R}{2}$$

El cortante resistente en columna debido a flexión en losa plana será:

$$V_{col} = \frac{M_{CS} + M_{CI}}{h}$$

Cortante en losa plana

$$M_V = \frac{J_v}{\alpha 4_1} \frac{F_R}{F_c}$$

Donde para losa sobre columna interior:

$$v = f_c^*$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \left( \frac{C_1 + d}{C_2 + d} \right)}$$

$$J = d \frac{(C_1 + d)^3}{6} + d^3 \frac{(C_1 + d)}{6} + \frac{d(C_2 + d)(C_1 + d)^2}{2}$$

$d$  = Peralte efectivo de losa

Donde para losa sobre columna de borde:

$$v = \sqrt{f_c^*}$$

$$y_1 = \frac{(C_1 + 0.5d)^2}{A_c} d$$

$$A_c = 2d(C_1 + C_2 + 2d)$$

$$J = \frac{(C_1 + 0.5d)d^3}{6} + \frac{(C_1 + 0.5d)^3}{6}d + \frac{(C_1 + 0.5d)}{2}(C_1 + 0.5d - 2y_1)^2d + (C_2 + d)d y_1^2$$

El cortante en columna será

$$V_{RC} = \frac{M_{US} + M_{UI}}{2}$$

La resistencia en columna será

$$V_{RC} = \frac{V_{RC}}{6d}$$

## Corrección por Irregularidad

En el método se plantea una corrección por irregularidad en la construcción debido a que los procedimientos propuestos consideran estructuras regulares en planta y elevación. La corrección consiste en afectar el coeficiente sísmico por un factor determinado del siguiente modo:

$$S_D = S_1 \times S_2 \times S_3 \times S_4 \times S_5 \times S_6 \times S_7$$

Fuente de Irregularidad	Grado de Irregularidad	$S_i$
Irregularidad en planta $S_1$	bajo o nulo	1.0
	intermedio	0.90
	alto	0.80
Excentricidad de centro de rigideces y centro de masa $S_2$	$e/B < 0.1$	1.0
	$0.1 \leq e/B \leq 0.2$	0.90
	$e/B > 0.2$	0.80
Áreas huecas internas $S_3$	$A_H/A_P < 0.1$	1.0
	$0.1 \leq A_H/A_P \leq 3$	0.95
	$A_H/A_P > 3$	0.90
Planta alargada $S_4$	$L/B < 4$	1.0
	$4 \leq L/B \leq 6$	0.95
	$L/B > 6$	0.90
Discontinuidad de rigideces de entrepiso $S_5$	$n_i/n_{i-1} > 0.8$	1.0
	$0.8 \geq n_i/n_{i-1} \geq 0.6$	0.90
	$n_i/n_{i-1} < 0.6$	0.80

Fuente de Irregularidad	Grado de Irregularidad	Si
Irregularidad de alturas de entrepiso $S_6$	$h_i/h_{i-1} > 0.8$	1.00
	$0.7 \leq h_i/h_{i-1} \leq 0.8$	0.95
	$h_i/h_{i-1} < 0.7$	0.90
Irregularidad del perfil en elevación $S_7$	$B_i/B_{i-1} > 0.9$	1.00
	$0.7 \leq B_i/B_{i-1} \leq 0.9$	0.95
	$B_i/B_{i-1} < 0.7$	0.90

$S_1$  : La irregularidad en planta se considerará baja si ésta es aproximadamente simétrica y no hay entrantes o salientes de más del 10% del total. Intermedia si hay entrantes y/o salientes con área entre el 10% y el 30% del total. Alta para plantas más asimétricas en T, L, U en que el área de entradas y/o salientes sea mayor del 30% del total.

$S_2$  :  $e/B$  = Excentricidad calculada entre dimensión de la planta en dirección de la excentricidad.

$S_3$  :  $A_H$  es el área del hueco en planta, se toma igual a cero si está rodeada por muros reforzados,  $A_p$  es el área en planta.

$S_4$  : Relación lado mayor a lado menor en planta.

$S_5$  :  $n$  es la relación peso a rigidez del piso en consideración entre la del piso inmediatamente inferior.

$S_6$  : Altura de entrepiso entre la del interior

$S_7$  : Dimensión en planta de un piso entre la del anterior, en la dirección considerada de análisis.

Los puntos  $S_2$  y  $S_5$  solo se aplican a los entrepisos en los que se calculan. Los otros puntos se aplican en todos los entrepisos con el valor obtenido en el entrepiso más desfavorable.

### Indice de daño de entrepiso

Para que sea posible hacer una comparación entre el índice de seguridad sísmica y el grado de daño en cada nivel, se hace necesario el poder pasar de la clasificación de daño de cada elemento a un índice de daño de todo el entrepiso.

El procedimiento para la evaluación del daño de entrepiso fué elaborado por el Dr. Roberto Meli. El criterio se basa en una reclasificación del daño de los elementos estructurales, el cual considera las grietas y daños de acuerdo al tipo y forma de trabajo del elemento, ya que, por dar un ejemplo, no es lo mismo una grieta de 0.2 mm en una viga trabajando a flexión, que la misma grieta producto de la compresión en una columna, ya que en el primer caso lo más seguro es que el elemento siga manteniendo su capacidad, mientras que en el segundo parecería que está en el límite de perderla.

En base a este criterio se elaboró la siguiente tabla, en donde el índice de daño del entrepiso será la suma de las contribuciones de los elementos de acuerdo a su clasificación de daño.

INDICE DE DAÑO DE EDIFICIOS DE CONCRETO

Indice de daño del elemento	Descripción del daño	Porcentaje de elementos con este daño en el entrepiso	Indice de daño del entrepiso
I	Grietas delgadas en vigas, losa aligerada o muros de concreto (ancho menor a 0.2 mm).	Menor que 10	0.1
		10 a 30	0.2
		30 a 50	0.3
		más de 50	0.5
II	Grietas delgadas en columnas ( 0.2 mm). Grietas visibles en vigas, losas y muros (con ancho entre 0.2 mm y 1.0 mm)	Menor que 10	0.3
		10 a 30	0.5
		30 a 50	0.7
		más de 50	1.0
III	Grietas visibles en columnas (entre 0.2 mm y 1.0 mm) Grietas mayores (mayores a 1.0 mm) o caída del recubrimiento del concreto en vigas, losas o muros.	Menor a 5	0.5
		5 a 10	1.0
		10 a 30	1.5
		más de 50	3.5
IV	Grietas mayores (mayores a 1.0 mm) es columnas o caída del recubrimiento del concreto con exposición de acero y pandeo del acero. Caída del concreto, exposición de acero, acero pandeado en vigas, losas o muros	Menor que 5	1.0
		5 a 10	1.5
		10 a 30	2.5
		30 a 50	3.5
		más de 50	5.0
V	Caída del recubrimiento del acero de refuerzo en columnas, estribos abiertos. Gran deformación en vigas y losas, indicios de penetración de columna en losa o de falla por cortante	Menor que 5	2.0
		5 a 10	2.5
		10 a 30	3.5
		30 a 50	5.0
		más de 50	7.5

Cabe señalar que el primer procedimiento de Evaluación de la seguridad sísmica no necesariamente es más conservador que el segundo, la función del primer procedimiento es el indicar la localización de los entrepisos donde podrían ocurrir problemas y ahí aplicar el segundo procedimiento.

## 5. EVALUACION DE LA SEGURIDAD SISMICA DE LOS EDIFICIOS ESTUDIADOS

Los procedimientos resumidos en el capítulo 4 han sido aplicados a los 7 edificios en estudio. Resultado de la aplicación del primer procedimiento son las siguientes tablas de cada edificio, en donde se indican los puntos de principal importancia como son -- las contribuciones de cada tipo de elemento en la resistencia a cortante resistente de entrepiso, el cortante total resistente de entrepiso, el cortante actuante y el coeficiente sísmico resistente, todo ésto en su variación con respecto a la altura, y en las dos direcciones principales del edificio.

Para ilustrar la aplicación del procedimiento se transcribe la aplicación completa al edificio MM09-02 .

El segundo procedimiento fue aplicado al primer nivel de los edificios MM09-02 y LR12-01; los resultados son indicados en las tablas. En la última tabla se resumen los coeficientes sísmicos resistentes obtenidos en todos los edificios.

Aplicación del primer procedimiento de Evaluación de Seguridad sísmica al edificio MM09-02 .

Dirección N-S

Area de muros de mampostería:

Ancho de muro = 14 cm

Longitud = 5.00 m

Dos muros en ésta dirección.

$$A_m = 14 \times 500 \times 2 = 14,000 \text{ cm}^2$$

Area de muros de concreto:

Cuatro muros actuando en esta dirección.

Longitud = 7.00 m

AM = 4 X 700 X ancho

Verificando la relación H/L tenemos que para H/L = 2 entonces H = 14 m , después de 14 m la resistencia del muro será de 16 kg/cm<sup>2</sup> .

Area de columnas:

Será la suma del area de la sección transversal de columnas del entrepiso.

Pi:

$$P_i = \frac{n+i}{n+1} \cdot \frac{(n-i+1)}{n} \cdot \frac{1}{n}$$

n = 10 (Número de entrenisios a partir de PB)

Peso w :

Losa de concreto (10 cm)	0,1 X 2,400	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta adicional por losa		= 20 "
Recubrimiento de Piso		= 5 "
Instalaciones y Plafones		= 35 "
Paredes divisorias		= 100 "

$$\text{Suma} = 400 \text{ kg/m}^2$$

Columnas: Secc. 50X90: 0.5X0.90X2.75X2,400X14	= 41,580 kg
Secc. 50X70: 0.5X0.70X2.75X2,400X6	= 13,860 kg
Vigas: Secc. 80X40: 0.80X0.40X36X2,400X4	= 110,592 kg
Secc. 60X30: 0.60X0.30X36X2,400X3	= 46,656 kg
Secc. 80X40: 0.80X0.40X18X2,400X3	= <u>41,472 Kg</u>
	254,160 kg
Muros de Concreto 4X2.38X 3.75X2,400	= <u>85,680 kg</u>
	339,840 kg

$$\text{Area en planta} = 36 \times 18 = 648 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga muerta} = 400 + \frac{339,840}{648} = 920 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga Viva} = 180 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga w} = 920 + 180 = 1,100 \text{ kg/m}^2$$

Coefficiente sísmico resistente

$$C_i = \frac{V_{ri}}{P_{iwAp}}$$

Comentarios a la simbología utilizada en las tablas.

Las dos direcciones principales del edificio indicadas como N-S E-W coinciden en forma aproximada con los puntos cardinales.

Las literales utilizadas en las tablas indican:

$A_m$  = Area de la sección transversal de muros de mampostería de todo el entrepiso en  $cm^2$

$V_{r1}$  = Aportación de los muros de mampostería al cortante resistente del entrepiso en kg .

$A_M$  = Area de la sección transversal de muros de concreto de todo el entrepiso en  $cm^2$

$V_{r2}$  = Aportación de los muros de concreto al cortante resistente del entrepiso en kg

$A_c$  = Suma del area de la sección transversal de las columnas de todo el entrepiso.

$V_{r3}$  = Aportación de las columnas al cortante resistente del entrepiso en kg .

$V_{ri}$  = Cortante resistente del entrepiso  $i$  .

$P_i$  = Variación del cortante actuante con la altura.

$C_i$  = Coeficiente sísmico resistente del entrepiso  $i$  .

Primer Procedimiento de Evaluación

Edificio: LR12-01

DIRECCION N-S

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAn	Ci
1	42000	67200	18000	216000	58800	352800	551040	1.000	4944840	0.111
2	"	"	" "	"	"	"	"	0.987	"	0.113
3	"	"	"	"	"	"	"	0.962	"	0.166
4	"	"	"	"	"	"	"	0.923	"	0.121
5	"	"	"	"	"	"	"	0.872	"	0.121
6	"	"	"	"	"	"	"	0.808	"	0.138
7	"	"	13500	162000	"	"	513240	0.731	"	0.142
8	"	"	"	"	"	"	"	0.641	"	0.162
9	"	"	"	"	"	"	"	0.538	"	0.193
10	"	"	"*	216000	"	"	551040	0.423	"	0.263
11	"	"	"*	"	"	"	"	0.295	"	0.378
12	"	"	"*	"	"	"	"	0.154	"	0.724

DIRECCION E-W

Nivel	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	18830	30128		413600	49000	294000	640490	1.000	4944840	0.135
2	"	"		"	"	"	"	0.987	"	0.137
3	"	"		"	"	"	"	0.962	"	0.141
4	"	"		"	"	"	"	0.923	"	0.147
5	"	"		"	"	"	"	0.872	"	0.155
6	"	"		"	"	"	"	0.808	"	0.168
7	"	"		310200	"	"	529181	0.731	"	0.153
8	"	"		"	"	"	"	0.641	"	0.174
9	"	"		375600	"	"	594581	0.538	"	0.234
10	"	"		"	"	"	"	0.423	"	0.297
11	"	"		391800	"	"	610781	0.295	"	0.438
12	"	"		"	"	"	"	0.154	"	0.838

Primer Procedimiento de Evaluación

Edificio: MM09-02

Dirección N-S

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	14000	19200	112000	2240000	54000	324000	2480000	1.0	7128000	0.348
2	"	"	"	"	"	"	"	0.982	"	0.354
3	"	"	"	"	51000	306000	2467640	0.946	"	0.366
4	"	"	"	"	"	"	"	0.891	"	0.389
5	"	"	98000	1568000	48000	288000	1783040	0.818	"	0.306
6	"	"	"	"	"	"	"	0.727	"	0.344
7	"	"	84000	1344000	45000	270000	1546440	0.618	"	0.351
8	"	"	"	"	"	"	"	0.491	"	0.442
9	"	"	70000	1120000	45000	"	1322440	0.346	"	0.536
10	"	"	"	"	"	"	"	0.182	"	1.019

Dirección E-W

Nivel	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	9600	15360			90000	540000	550752	1.0	7128000	0.077
2	"	"			"	"	"	0.982	"	0.079
3	"	"			87000	522000	532752	0.946	"	0.079
4	"	"			"	"	"	0.891	"	0.084
5	"	"			84000	504000	514752	0.818	"	0.088
6	"	"			"	"	"	0.727	"	0.099
7	"	"			81000	486000	496752	0.618	"	0.113
8	"	"			"	"	"	0.491	"	0.142
9	"	"			"	"	"	0.346	"	0.201
10	"	"			"	"	"	0.182	"	0.383

Primer Procedimiento de Evaluación

Edificio: MM05-03

DIRECCION N-S

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	13800	22080	12150	243000	64800	388800	574356	1.000	2230400	0.258
2	"	"	"	"	45000	270000	455556	0.933	"	0.219
3	"	"	"	"	"	"	"	0.800	"	0.255
4	"	"	**	194400	"	"	421536	0.600	"	0.315
5	"	"	**	"	31500	189000	340536	0.333	"	0.458

DIRECCION E-W

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	46550	74480			64800	388800	440936	1.000	230400	0.198
2	"	"			45000	270000	322136	0.933	"	0.155
3	"	"			"	"	"	0.800	"	0.181
4	"	"			"	"	"	0.600	"	0.241
5	"	"			31500	189000	241136	0.333	"	0.325

Primer Procedimiento de Evaluación

Edificio: LR07-04

DIRECCION N-S

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	16072	25715			92500	555000	573000	1.000	4834830	0.119
2	"	"			"	"	"	0.964	"	0.123
3	"	"			76900	461400	479400	0.893	"	0.111
4	"	"			"	"	"	0.786	"	0.126
5	"	"			"	"	"	0.643	"	0.154
6	"	"			66700	400200	418200	0.464	"	0.186
7	"	"			59600	357600	375600	0.250	"	0.311

DIRECCION E-W

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	75040	120064			92500	555000	639045	1.000	4834830	0.132
2	"	"			"	"	"	0.964	"	0.137
3	"	"			76900	461400	545445	0.893	"	0.126
4	"	"			"	"	"	0.786	"	0.144
5	"	"			"	"	"	0.643	"	0.175
6	"	"			66700	400200	484245	0.464	"	0.216
7	"	"			59600	357600	441645	0.250	"	0.365

Primer Procedimiento de Evaluación

Edificio: LR11-05

DIRECCION N-S

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	103920	166272			169338	1016028	1132418	1.000	9196000	0.123
2	"	"			"	"	"	0.985	"	0.125
3	"	"			"	"	"	0.955	"	0.129
4	"	"			159738	958428	1074818	0.909	"	0.129
5	"	"			"	"	"	0.848	"	0.138
6	"	"			"	"	"	0.773	"	0.151
7	"	"			"	"	"	0.682	"	0.171
8	"	"			76181	457086	573476	0.576	"	0.108
9	"	"			"	"	"	0.455	"	0.137
10	"	"			"	"	"	0.318	"	0.196
11	"	"			"	"	"	0.167	"	0.373

DIRECCION E-W

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	25000	40000			169338	1016028	1044028	1.000	9196000	0.114
2	"	"			"	"	"	0.985	"	0.115
3	"	"			"	"	"	0.955	"	0.119
4	"	"			159378	958428	986428	0.909	"	0.118
5	"	"			"	"	"	0.848	"	0.126
6	"	"			"	"	"	0.773	"	0.139
7	"	"			"	"	"	0.682	"	0.157
8	"	"			76181	457086	485086	0.576	"	0.092
9	"	"			"	"	"	0.455	"	0.116
10	"	"			"	"	"	0.318	"	0.166
11	"	"			"	"	"	0.167	"	0.316

Primer Procedimiento de Evaluación

Edificio: LR08-06

DIRECCION N-S

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	wAp	Ci
1	10500	16800			45750	274500	286260	1.000	2208360	0.130
2	31800	50880			"	"	310116	0.972	"	0.144
3	"	"			43650	261900	299516	0.917	"	0.147
4	"	"			39475	236700	272316	0.833	"	0.148
5	"	"			37375	224250	259866	0.722	"	0.163
6	"	"			36325	217950	253566	0.583	"	0.197
7	"	"			35875	215250	250866	0.417	"	0.272
8	"	"			29850	179100	214716	0.222	"	0.438

DIRECCION E-W

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	66450	106320			45750	274500	348924	1.000	2208360	0.158
2	76200	121920			"	"	359844	0.972	"	0.168
3	"	"			43650	261900	347244	0.917	"	0.171
4	"	"			39475	236700	322044	0.833	"	0.175
5	"	"			37375	224250	309594	0.722	"	0.194
6	"	"			36325	217950	303294	0.583	"	0.236
7	"	"			35875	215250	300594	0.417	"	0.326
8	"	"			29850	179100	264444	0.222	"	0.539

Primer Procedimiento de Evaluación

Edificio: LR10-07

DIRECCION N-S

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	166320	266112			343050	2058300	2244578	1.000	18792975	0.119
2	"	"			302125	1812750	1999028	0.982	"	0.108
3	"	"			265525	1593150	1779428	0.946	"	0.100
4	"	"			232225	1393350	1579628	0.891	"	0.094
5	"	"			201225	1207350	1393628	0.818	"	0.091
6	"	"			174150	1044900	1231178	0.727	"	0.090
7	"	"			147500	885000	1071278	0.618	"	0.092
8	"	"			133125	798750	985028	0.491	"	0.107
9	"	"			109025	654150	840428	0.346	"	0.129
10	"	"			88225	529350	715628	0.182	"	0.209

DIRECCION E-W

NIVEL	Am	Vr1	AM	Vr2	Ac	Vr3	Vri	Pi	nwAp	Ci
1	97000	155200			343050	2058300	2166940	1.000	18792975	0.115
2	"	"			302125	1812750	1921390	0.982	"	0.104
3	"	"			265525	1593150	1701790	0.946	"	0.096
4	"	"			232225	1393350	1501590	0.891	"	0.090
5	"	"			201225	1207350	1315990	0.818	"	0.086
6	"	"			174150	1044900	1153540	0.727	"	0.084
7	"	"			147500	885000	993640	0.618	"	0.086
8	"	"			133125	798750	907390	0.491	"	0.098
9	"	"			109025	654150	762790	0.346	"	0.117
10	"	"			88225	529350	637990	0.182	"	0.187

		LR12-01		MM09-02		MM05-03		LR07-04	
		N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W
P.B	1	0.111*	0.135*	0.348*	0.077*	0.258	0.198	0.119	0.132
	2	0.113	0.137	0.354	0.079	0.219	0.155	0.123	0.137
	3	0.116	0.141	0.366	0.079	0.255	0.181	0.111	0.126
	4	0.121	0.147	0.389	0.084	0.315	0.241	0.126	0.144
	5	0.134	0.155	0.306	0.088	0.458	0.325	0.154	0.175
	6	0.138	0.168	0.344	0.099			0.186	0.216
	7	0.142	0.153	0.351	0.113			0.311	0.365
	8	0.162	0.174	0.442	0.142				
	9	0.193	0.234	0.536	0.201				
	10	0.263	0.297	1.019	0.383				
	11	0.378	0.438						
	12	0.724	0.838						

\*0.055   \*0.081   \*0.186   \*0.045 ← Segundo nivel de evaluación

		LR11-5		LR08-06		LR10-07	
		N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W
	1	0.123	0.114	0.130	0.158	0.119	0.115
	2	0.125	0.115	0.144	0.168	0.108	0.104
	3	0.129	0.119	0.147	0.171	0.100	0.096
	4	0.129	0.118	0.148	0.175	0.094	0.090
	5	0.138	0.126	0.163	0.194	0.091	0.086
	6	0.151	0.139	0.197	0.236	0.090	0.084
	7	0.171	0.157	0.272	0.326	0.092	0.086
	8	0.108	0.092	0.438	0.539	0.107	0.098
	9	0.137	0.116			0.129	0.117
	10	0.196	0.166			0.209	0.187
	11	0.373	0.316				
	12						

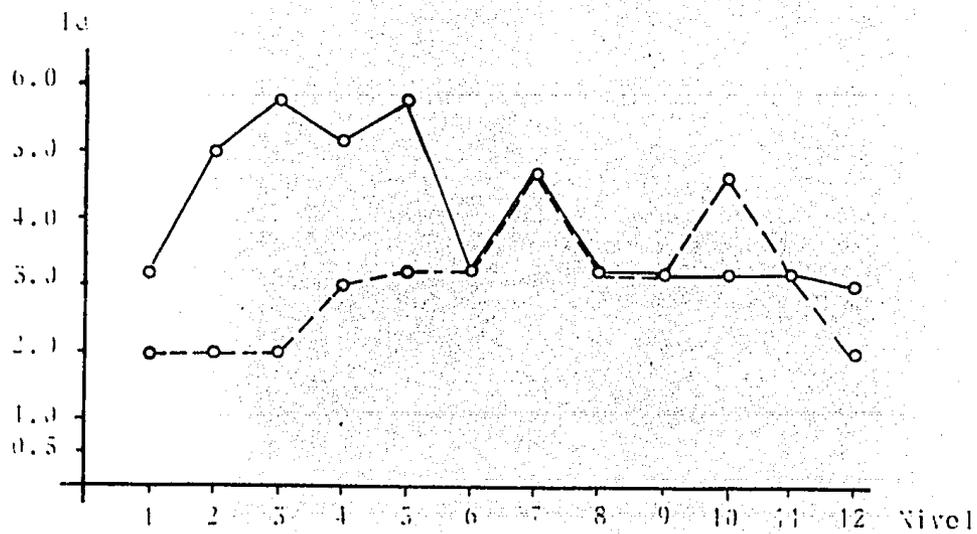
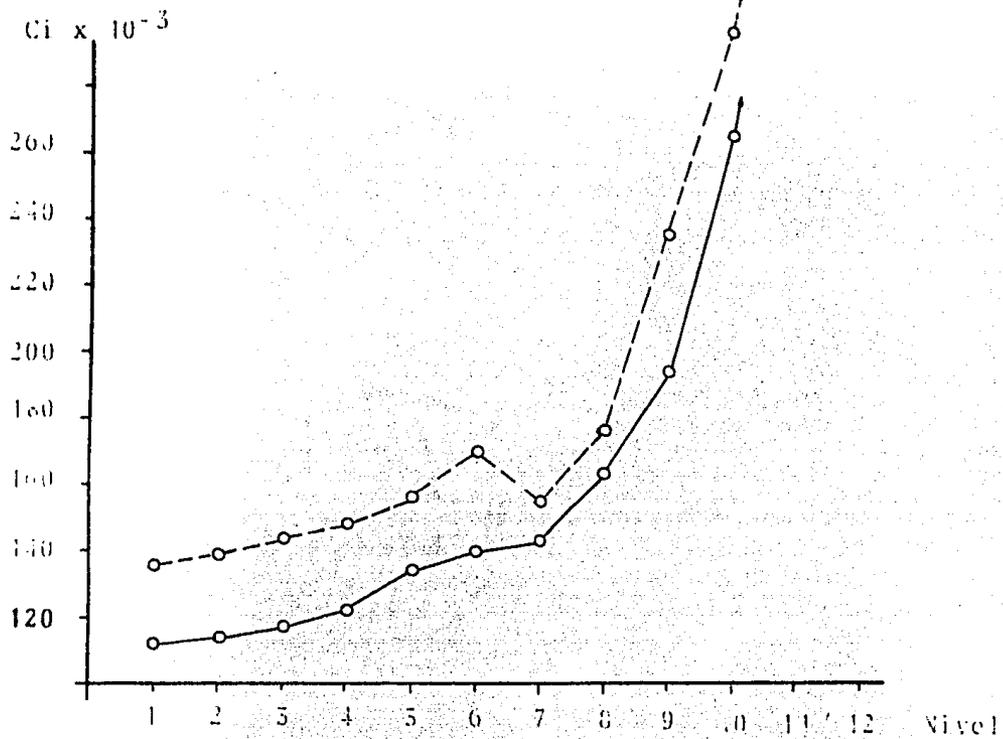
Se hizo la evaluación del daño estructural en todos los edificios por medio del procedimiento descrito en el capítulo 4, la representación de dicho daño se encuentra en la Tabla 2 . En el primer -- procedimiento de Evaluación de Seguridad Sísmica no se consideran los modos de fallas de vigas o losas reticulares mientras que el índice de daño presentado sí lo considera. Se hicieron la evalua-- ciones sin considerar los daños en vigas o losas reticulares obte-- niéndose la misma configuración que en el caso en que no es consi-- derado pero con valores menores. Para los fines que se persiguen es correcto considerar los daños en vigas y losas reticulares con la ventaja de que se estará considerando el daño completo del edi-- ficio.

Se graficaron los resultados de índice de daño contra el coeficien-- te sísmico resistente, dichas gráficas se encuentran a continua-- ción. En ellas se puede observar que en general se conserva la congruencia en el que la dirección con coeficiente sísmico resis-- tante menor sea la más dañada a lo largo de todos los niveles del edificio así como una cierta concordancia entre los menores valores del coeficiente sísmico resistente dentro del edificio con una - concentración de daños en dichos niveles.

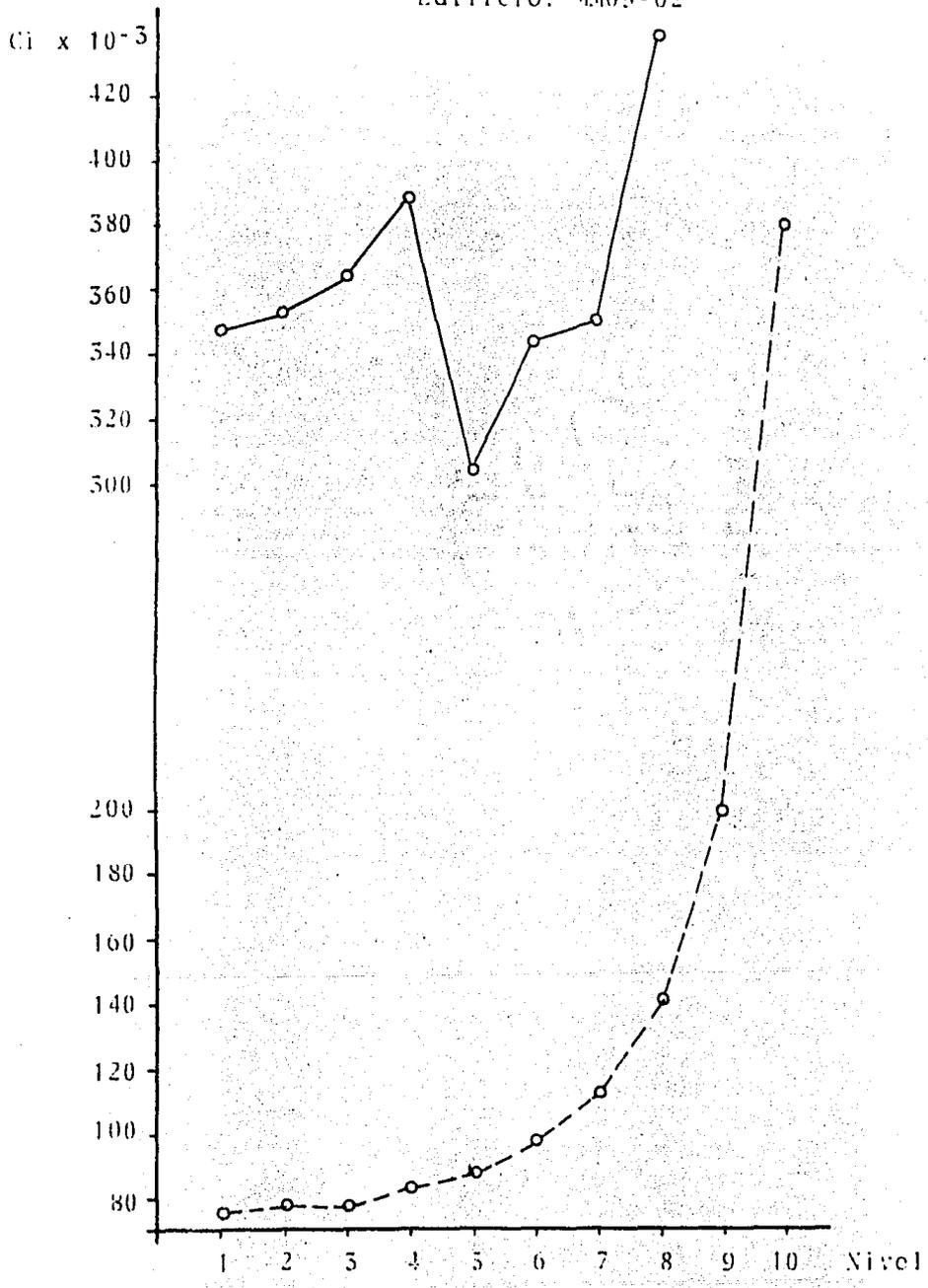
Es posible hacer una comparación de daño entre todos los edificios debido a que en todos ellos fué aplicado el mismo procedimiento, en base a ésto es posible ordenar los edificios de acuerdo el en-- trepiso más dañado, tabla 3

Graficando el índice de daño de la tabla 3 contra el coeficiente sísmico resistente tenemos la gráfica 1 en donde se observa una -

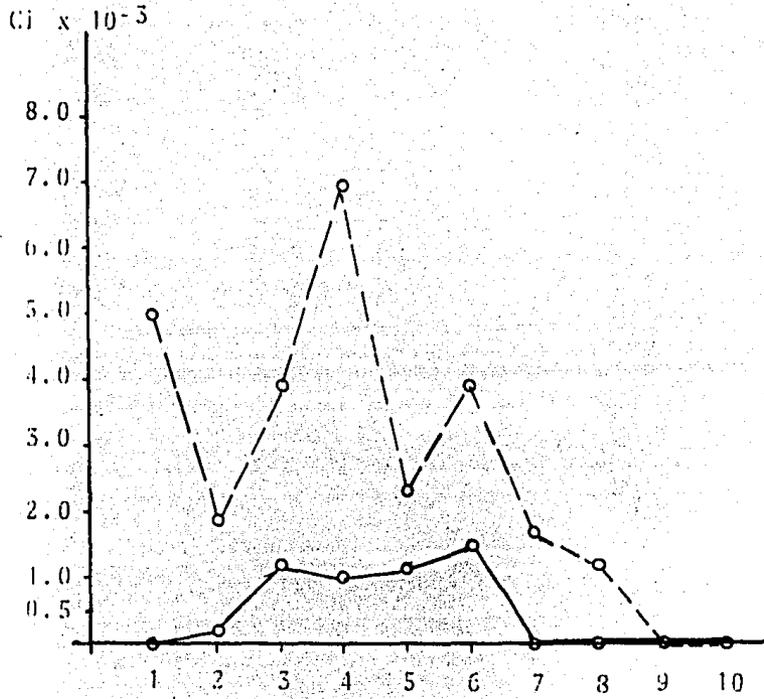
Edificio: LR12-01



Edificio: MM09-02

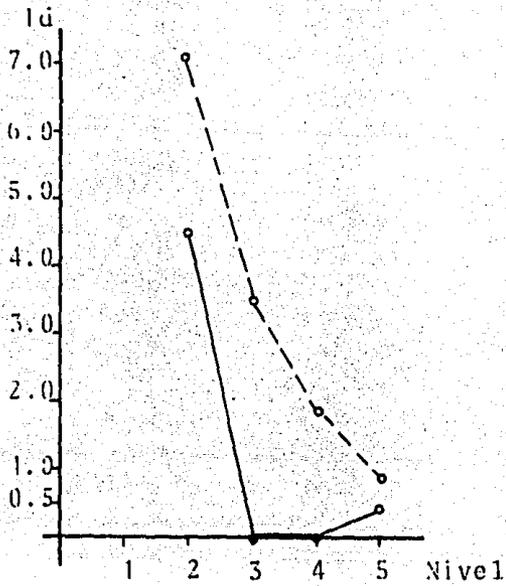
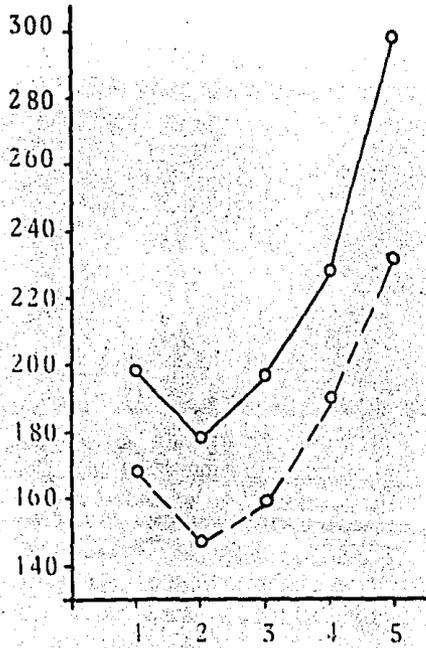


Edificio: MM09-02

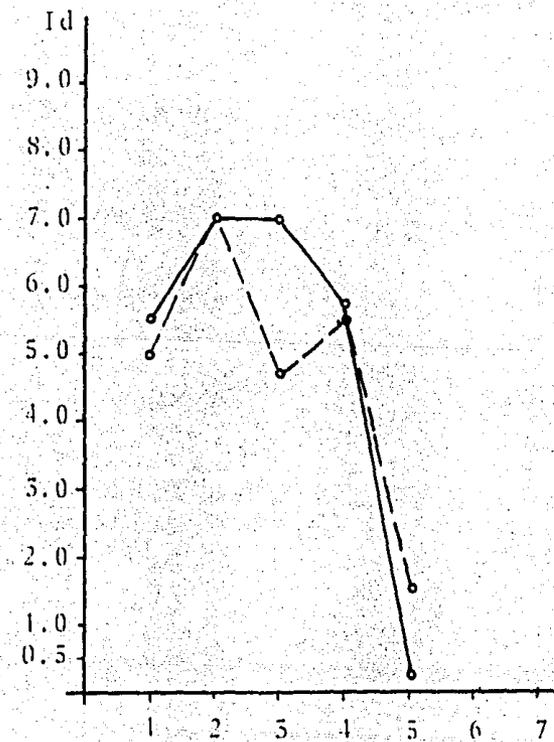
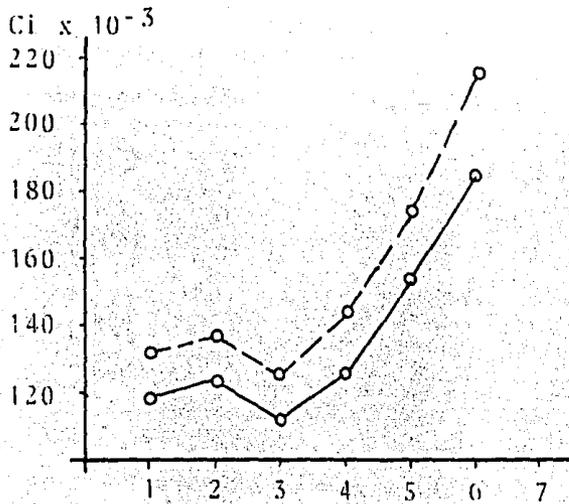


Edifício: MM05-03

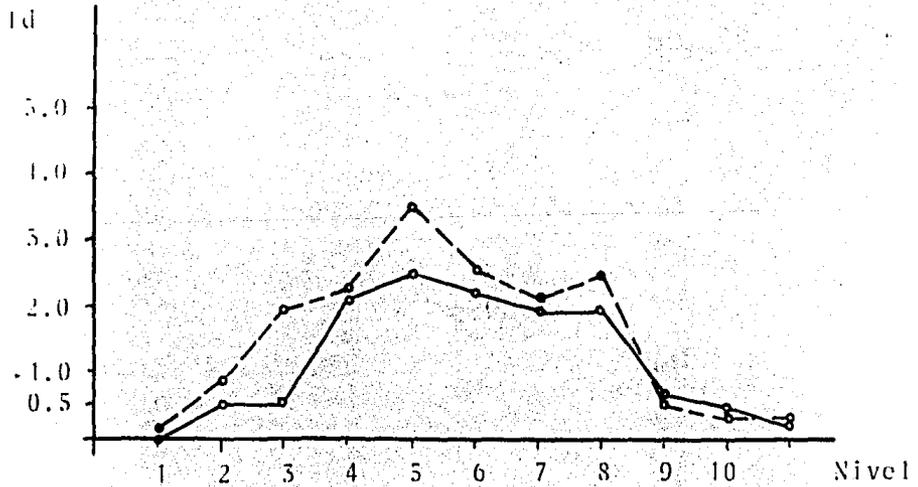
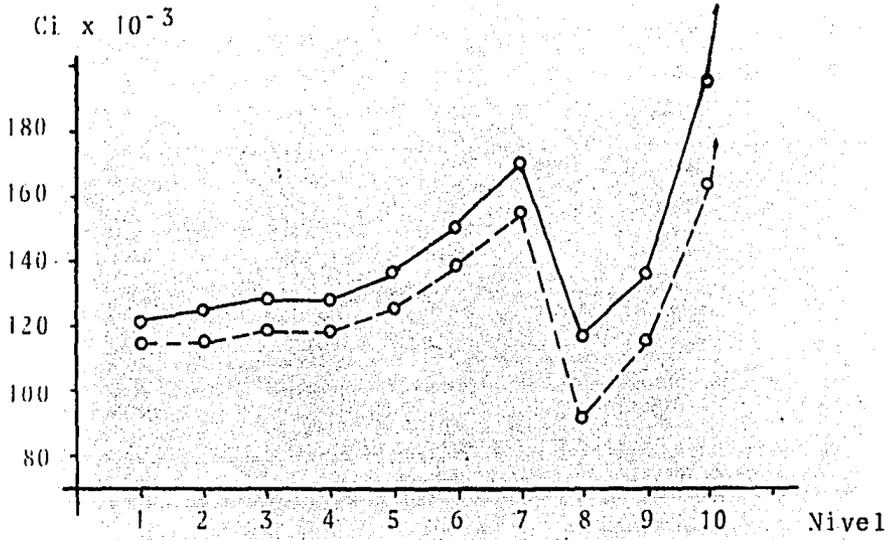
$C_i \times 10^{-3}$



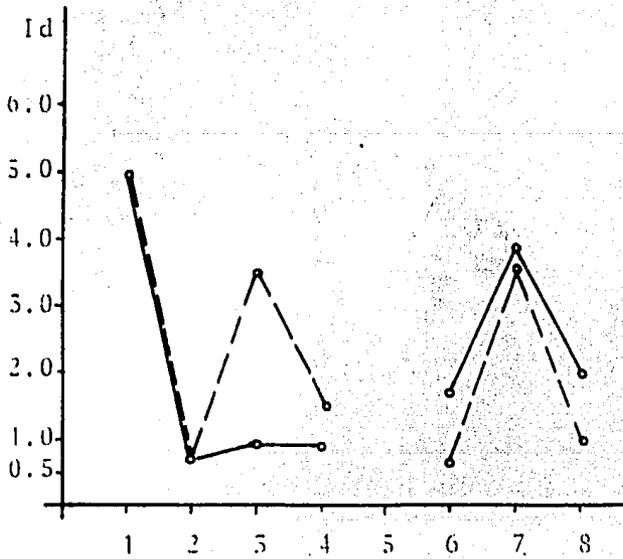
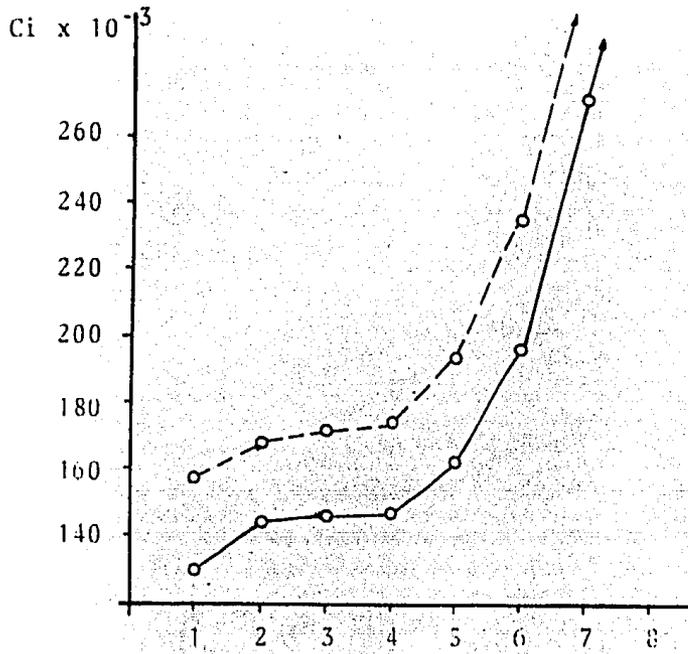
Edificio: LR07-04



Edificio: LR11-05

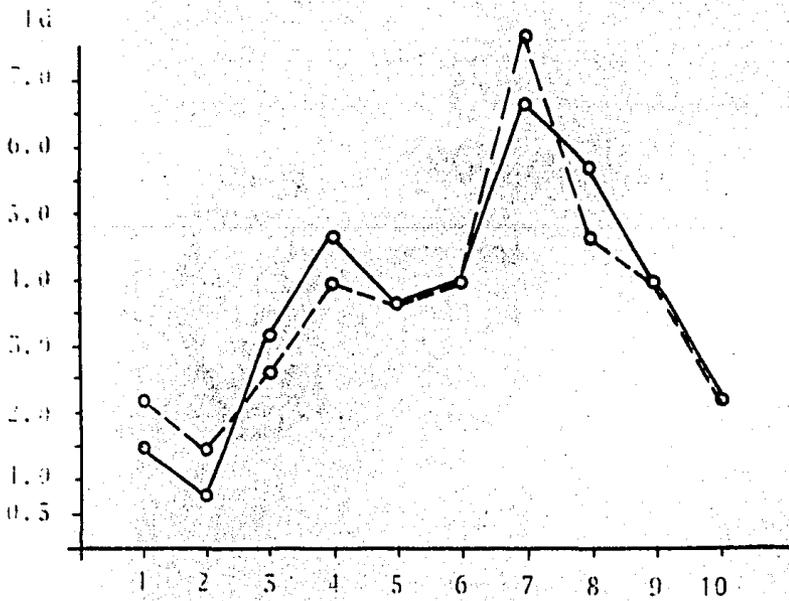
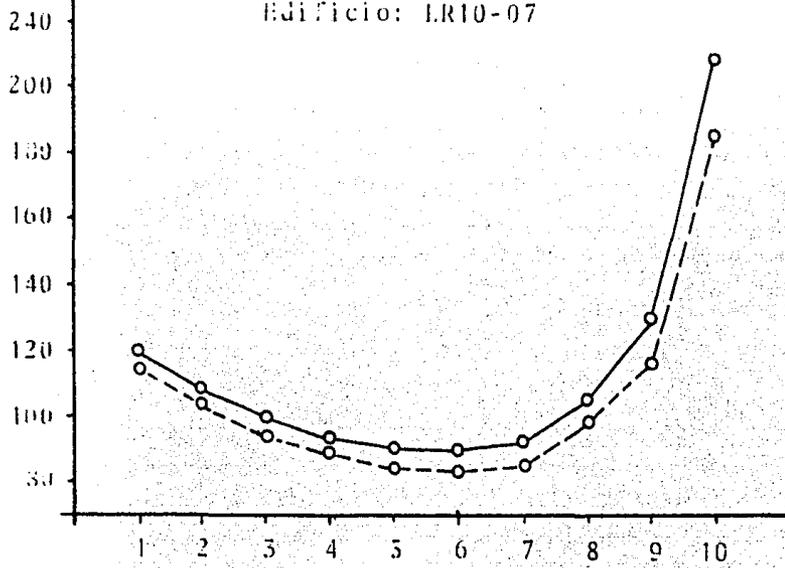


Edificio: LR08-06



Ci x 10<sup>-3</sup>

Edificio: LR10-07



cierta dispersión; los valores del coeficiente sísmico resistente utilizados no se encuentran afectados por el índice de irregularidad del edificio, afectándolo (tabla 4) y graficando contra el índice de daño obtenemos la gráfica 2 en donde se observa que la dispersión no disminuye. Es de esperarse que con la aplicación del segundo procedimiento de evaluación de seguridad sísmica se obtenga una correlación con menor dispersión.

Podemos ver que aunque el primer nivel puede dar una explicación muy general de la posible distribución de daños dentro del edificio en caso de sismo, no es posible que dé la distribución de la gravedad de daño dentro de un grupo de edificios debido a que es de carácter muy general, por lo que debe de ser usado como guía para aplicar el segundo procedimiento.

Los procedimientos de evaluación de seguridad sísmica son susceptibles de mejorarse, como actualmente se está haciendo al considerar la resistencia de la columna como una función de la relación ancho-altura, o bien dar lugar a nuevos procedimientos. Sin embargo son un par de herramientas que se encuentran adaptadas a los materiales y tipos estructurales más frecuentemente utilizados en México, y que han surgido como procedimientos que por medios analíticos dan una visión general del edificio como antecedente a análisis más profundos.

En cuanto al método de evaluación de daños de edificios también es susceptible de mejoras y podría dar lugar a muchos otros criterios. Lo más importante de éste criterio es que se tiene una evaluación objetiva de los daños, que no depende en forma básica del criterio

y la escasa experiencia de quien hace la inspección del edificio.

La evaluación de la seguridad sísmica aplicada a los edificios no pretende evaluar la capacidad que tiene el edificio posterior al sismo. La evaluación considera al edificio antes de haber sufrido cualquier daño y luego por medio de un levantamiento ver los daños que presenta, para en un futuro poder identificar posibles problemas que pudieran presentarse en otros edificios.

		LR12-01		MM09-02		MM05-03		LR07-04		LR11-05		LR08-06		LR10-07	
		N-S	E-W												
P.B.	1	3.2	2.0	0	5.0	-	-	5.5	5.0	0	0.1	5.0	5.0	1.5	2.2
	2	5.0	2.0	0.2	1.8	4.5	7.1	7.0	7.0	0.6	0.8	0.7	0.7	0.7	1.5
	3	5.7	2.0	1.2	3.9	0	3.5	7.0	4.7	0.6	2.0	0.9	3.5	3.2	2.7
	4	5.2	3.0	1.0		0	1.8	5.7	5.5	2.2	2.3	0.9	1.6	4.7	4.0
	5	5.7	3.2	1.2	2.3	0.4	0.8	0.3	1.5	2.5	3.5	-	-	3.7	3.7
	6	3.2	3.2	1.5	3.9			-	-	2.3	2.6	1.7	0.7	4.0	4.0
	7	4.7	4.7	0	1.7			0	0	2.0	2.1	3.8	3.6	6.7	7.7
	8	3.2	3.2	0	1.3					2.0	2.5	2.0	1.0	5.7	4.7
	9	3.2	3.2	0	0					0.7	0.6			4.0	4.0
	10	3.2	4.7	0	0					0.5	0.4			2.2	2.2
	11	3.2	3.2							0.3	0.4				
	12	3.0	2.0												

TABLA 2; Indice de daño Id

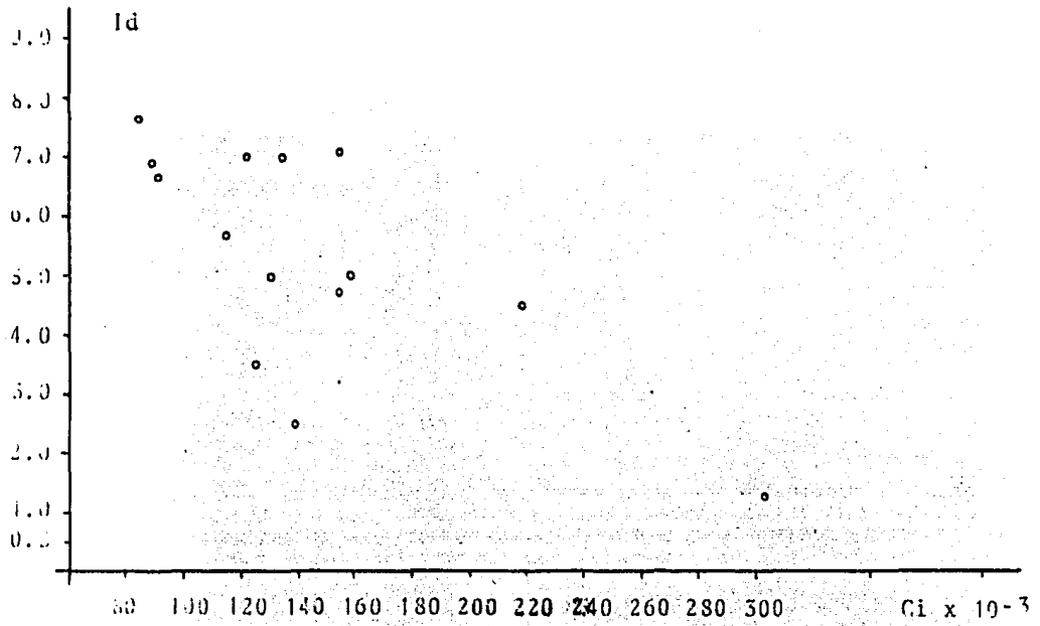
TABLA 3  
MAXIMOS DAÑOS EN ENTREPISO DE CADA EDIFICIO

	Id		Ci	
	N-S	E-W	N-S	E-W
LR12-01	5.7(3)	4.7(7)	0.116	0.167
MM09-02	1.2(5)	6.9(4)	0.306	0.084
MM05-03	4.5(2)	7.1(2)	0.219	0.155
LR07-04	7.0(2)	7.0(2)	0.123	0.137
LR11-05	2.5(5)	3.5(5)	0.138	0.126
LR08-06	5.0(1)	5.0(1)	0.130	0.158
LR10-07	6.7(7)	7.7(7)	0.092	0.086

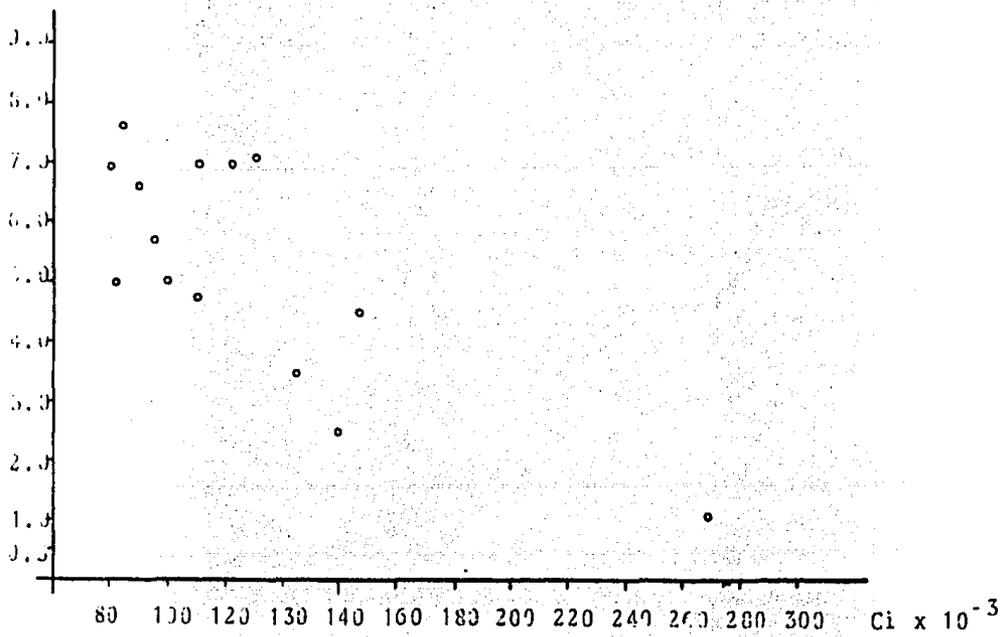
TABLA 4  
Ci AFECTADO POR EL COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD

(Sd) Ci x Sd

	N-S		E-W	
	(Sd)	Ci x Sd	(Sd)	Ci x Sd
LR12-01	(0.86)	0.094	(0.72)	0.110
MM09-02	(0.95)	0.291	(0.95)	0.080
MM05-03	(0.81)	0.177	(0.81)	0.126
LR07-04	(0.90)	0.111	(0.90)	0.123
LR11-05	(1.00)	0.138	(1.00)	0.126
LR08-06	(0.64)	0.083	(0.64)	0.101
LR10-07	(1.00)	0.092	(1.00)	0.086



GRAFICA 1



GRAFICA 2

## BIBLIOGRAFIA

- Hirosawa M., Criterion on the Evaluation of Seismic Safety of Existing Reinforced Concrete Buildings, Proceedings of the Second Seminar on Repair and Retrofit of Structures US/Japan Cooperative Reserch Program in Earthquake Engineering on Repair and Retrofit of Structures, Vol 2, Dept. of Civil Engineering, Univ- of Michigan, Ann Arbor, 1981, 49-108 .
- Okada T., Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building, A note for the special seminar at the Institute of Earthquake Engineering Seismology, Skopje, Yugoslavia, Marzo-Abril, 1985.
- The Japan International Cooperation Agency Mission, Recommendation on Damage Evaluation, Repair and Strengthening for Buildings Damaged by the September 19-20 Mexico Earthquakes. Report submitted to the Departament of Federal District, November 21, 1985 .

## AGRADECIMIENTOS .

Agradezco los conocimientos, paciencia y tiempo dedicados por el Dr. Roberto Meli al presente trabajo.

También agradezco al Ing. Jorge Avila R. y Alfonso Barragán su participación en el levantamiento de daños.