

LABORATORIO DE INGENIERIA SISMICA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

INFORME PRELIMINAR DE DAÑOS CAUSADOS
POR EL SISMO DE COBANO, 25/03/90
HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA
PUNTARENAS

POR: DR. GUILLERMO SANTANA
ING. WILLIAM VARGAS MONGE
ING. ADOLFO MATAMOROS HIDALGO

FECHA: 29 de Marzo de 1990.

UBICACION: San Isidro de Puntarenas.

TIPO DE ESTRUCTURA: El Edificio es una estructura de marcos de concreto reforzado con paredes de mampostería de relleno (de bloques de arcilla). Su vista en planta tiene forma de "T". Tiene diez pisos, de los que el primero es de 4.20m de alto y los demás son de 3.65m. En cada nivel tiene 54 columnas a excepción del primer piso, donde tiene pilares de sección variable (ver la figura #1).

Las paredes exteriores están hechas con ladrillos rectangulares de arcilla (en el ala norte), y a pesar de que están amarradas al entrepiso de su nivel y al del nivel superior, están

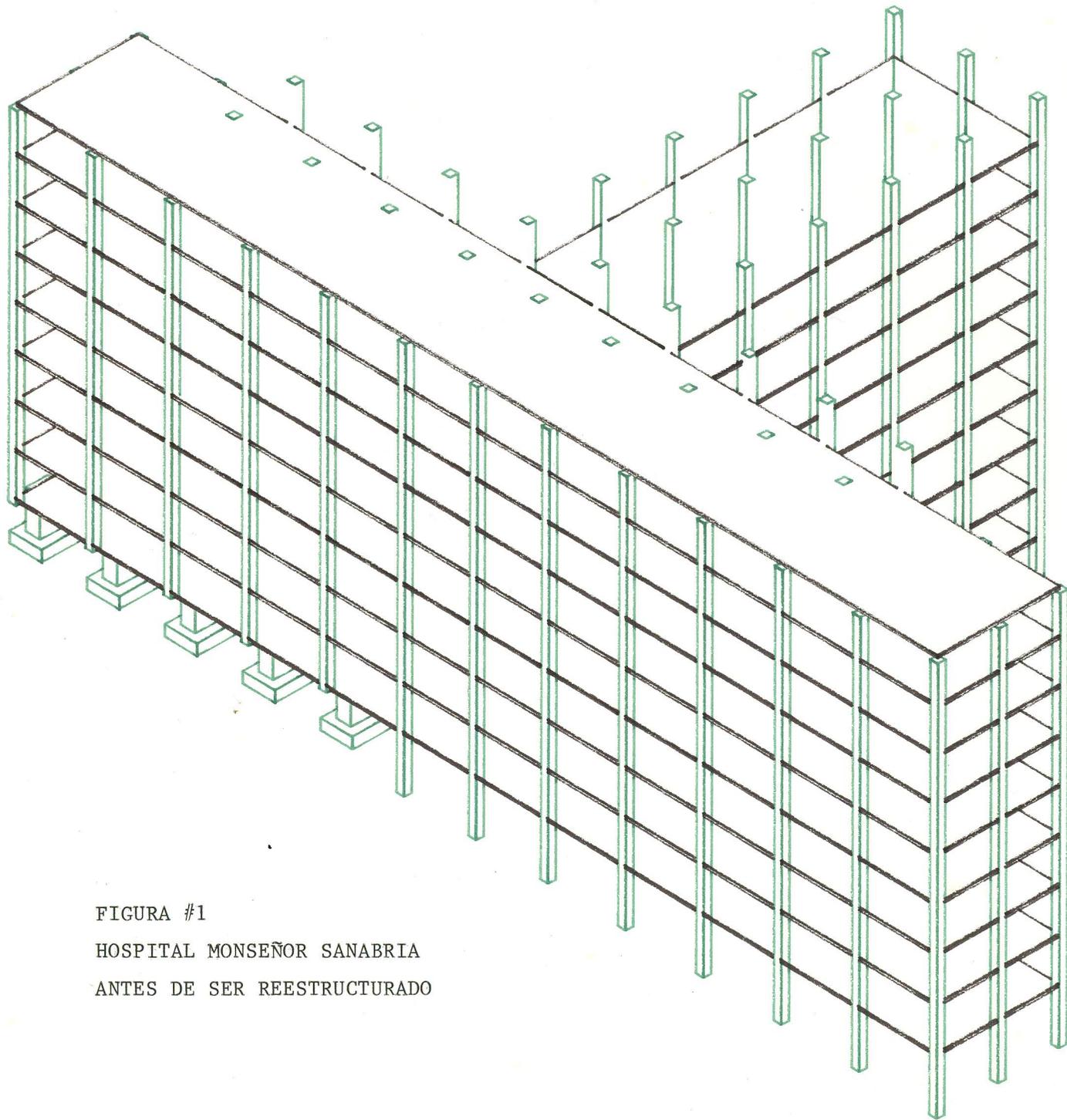


FIGURA #1
HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA
ANTES DE SER REESTRUCTURADO

unidas de tal forma la pared de cada piso no interactúa con las de los niveles superiores e inferiores. En el ala sur las paredes exteriores son de mampostería ornamental, con un sistema de amarre similar al anterior.

Lo descrito anteriormente representa la edificación original, diseñada en el año de 1964. A esta estructura se le hizo un estudio de readecuación sísmica, y actualmente se están construyendo muros de refuerzo en los perímetros del edificio (en los costados este y oeste) y en el ducto de los elevadores (en la parte norte del edificio). En la figura #2 se puede apreciar el edificio visto desde el sur, con sus muros de refuerzo, en la forma en que se hallaba el avance de su construcción el día del sismo (25 de Marzo de 1990).

Los muros del costado oeste están terminados y llegan hasta el décimo piso. Los muros del costado este del edificio actualmente se encuentran terminados hasta el segundo piso. Los muros de refuerzo que rodean al ducto de elevadores se encuentran terminados hasta el sexto piso. La figura #3 muestra una vista frontal (desde el norte) de la estructura del edificio. En ella se omiten las columnas para apreciar mejor el estado de avance de las obras de reestructuración.

DAÑOS OBSERVADOS:

En la primera planta del edificio no se observaron daños. En la zona oeste de la estructura no hay oficinas, sino que se trata de una zona de parqueo sin paredes que la separen del exterior. En las zonas norte y este de la primera planta, ¹ que es la parte del edificio que alberga el

¹ En la unión de las tres alas, en la primera planta, es donde se encuentra el acelerógrafo que registró una aceleración máxima del 26.5% de la gravedad en la dirección N 85° O.

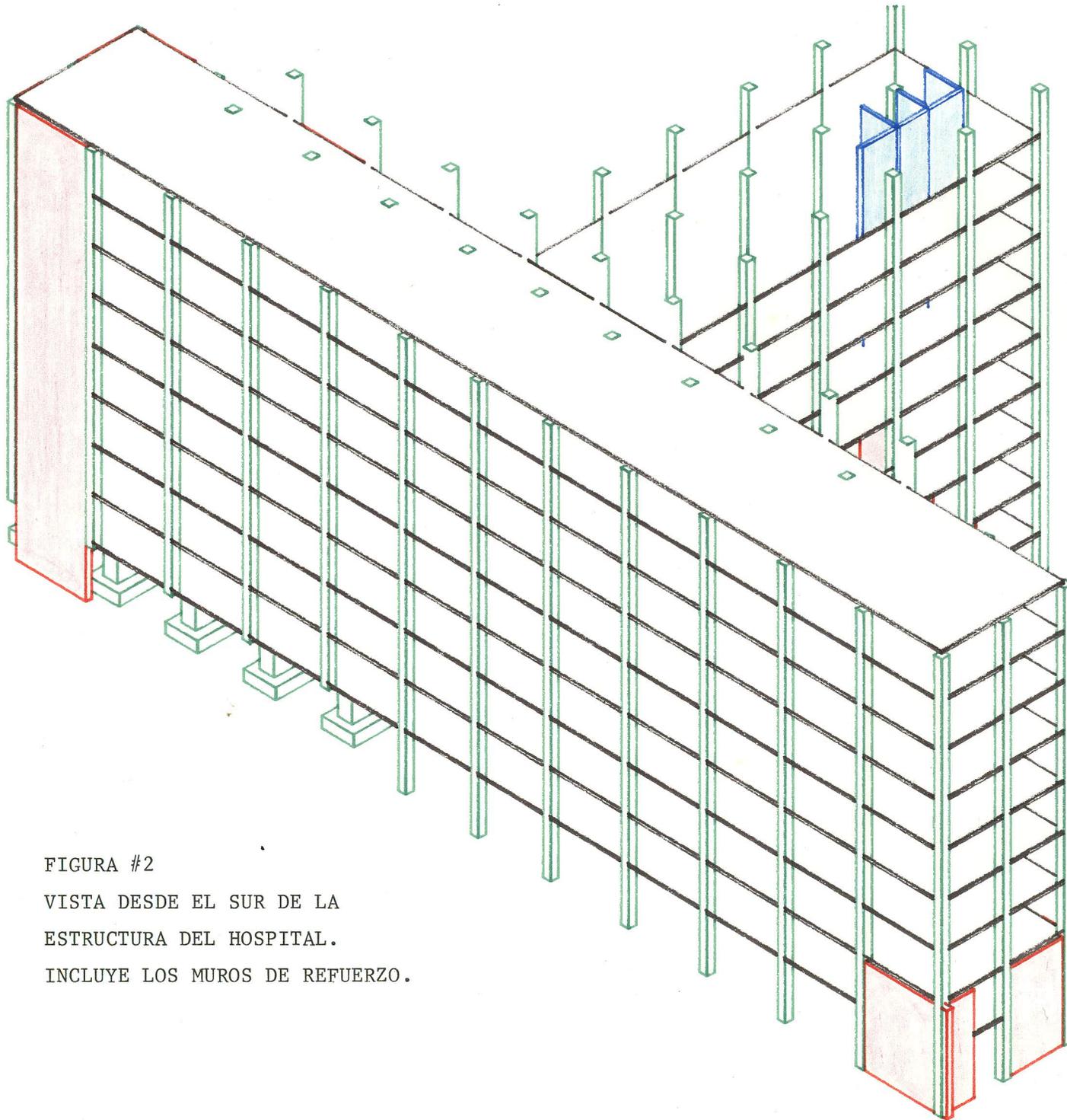
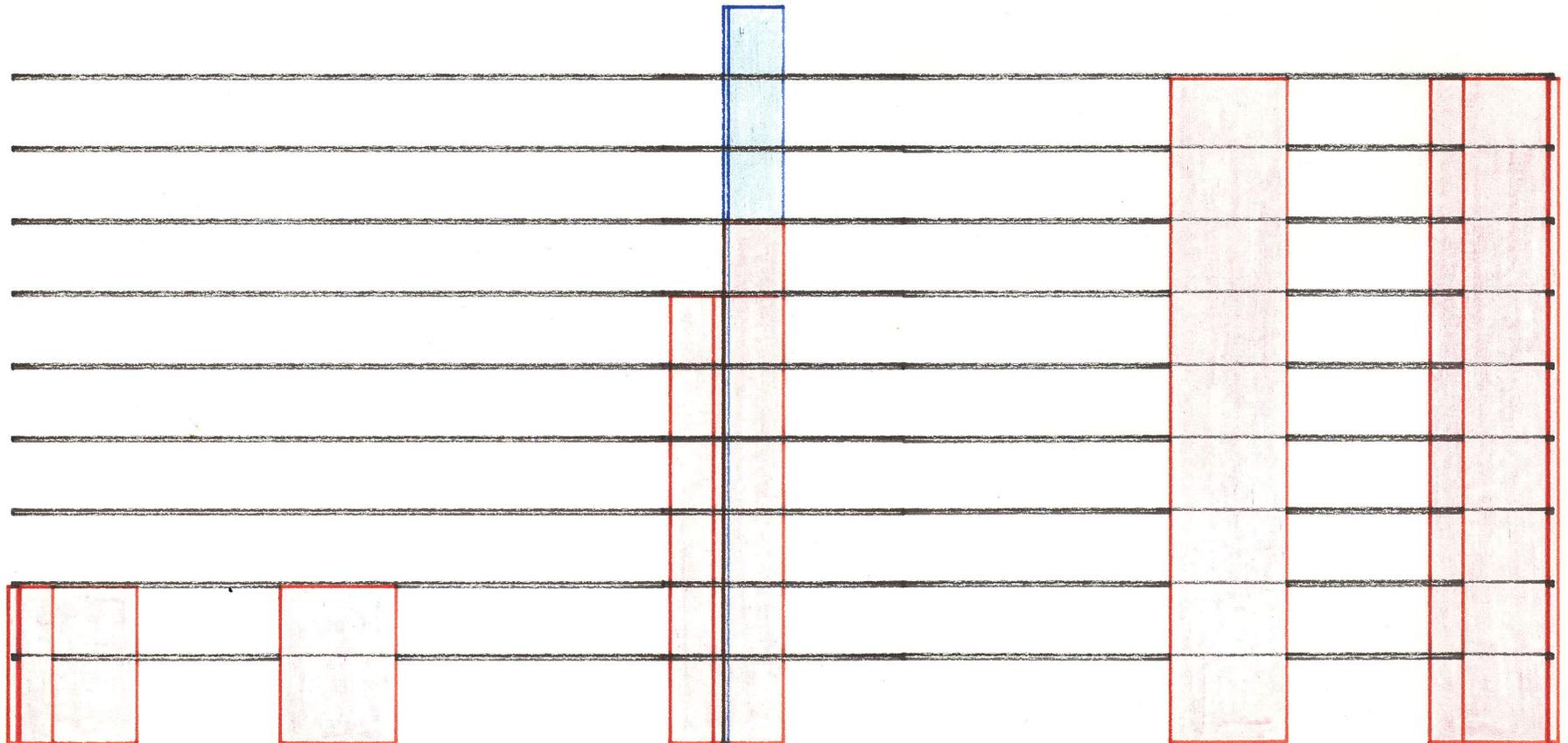


FIGURA #2

VISTA DESDE EL SUR DE LA
ESTRUCTURA DEL HOSPITAL.

INCLUYE LOS MUROS DE REFUERZO.

FIGURA #3
VISTA EN ELEVACION DEL AVANCE
EN LA CONSTRUCCION DE LOS MUROS DE REFUERZO
EL DIA 25 DE MARZO DE 1990



comedor y las oficinas administrativas, no se observaron daños de ningún tipo. En este piso se encuentra ubicado un acelerógrafo del Laboratorio de Ingeniería Sísmica, el cual registró un valor horizontal máximo de 27 % de la aceleración de la gravedad.

En la segunda planta se formaron grietas en las paredes de mampostería en diagonal, a un ángulo de 45° con la horizontal, y en un solo sentido. También se dieron grietas en la zona de unión entre las columnas y las paredes. Las grietas se distribuyen uniformemente en todas las paredes, a lo largo de la parte sur del edificio, en aquellas que tienen una orientación de norte a sur. Es interesante el caso de las paredes del ala oeste, en la sección de cirugía, que resultaron agrietadas a pesar de estar en la zona del edificio ya rehabilitada. Preliminarmente, se presume que la causa de este agrietamiento es la variación abrupta en la rigidez de las columnas entre el primero y segundo piso. La figura #4 muestra la vista en planta del segundo piso. En ella se dibujan en rojo los muros de la nueva reestructuración, en azul los muros existentes del ducto de los elevadores, y en verde las columnas.² Es importante notar que este piso es el único que presenta una distribución de rigidez en planta uniforme, en la que el centro de masa y el centro de rigidez se encuentran bastante cercanos el uno del otro.

También en las paredes de mampostería exteriores de la fachada oeste del edificio se presentaron grietas (en las paredes con orientación de norte a sur). Estas fallas tipifican los daños que se dieron en el ala norte de la estructura. Esta fachada se presenta en la figura #5, que es una vista de los elementos estruc-

² Esta nomenclatura es consistente en todas las figuras que se incluyen en el presente informe.

FIGURA #4
VISTA EN PLANTA DEL SEGUNDO PISO

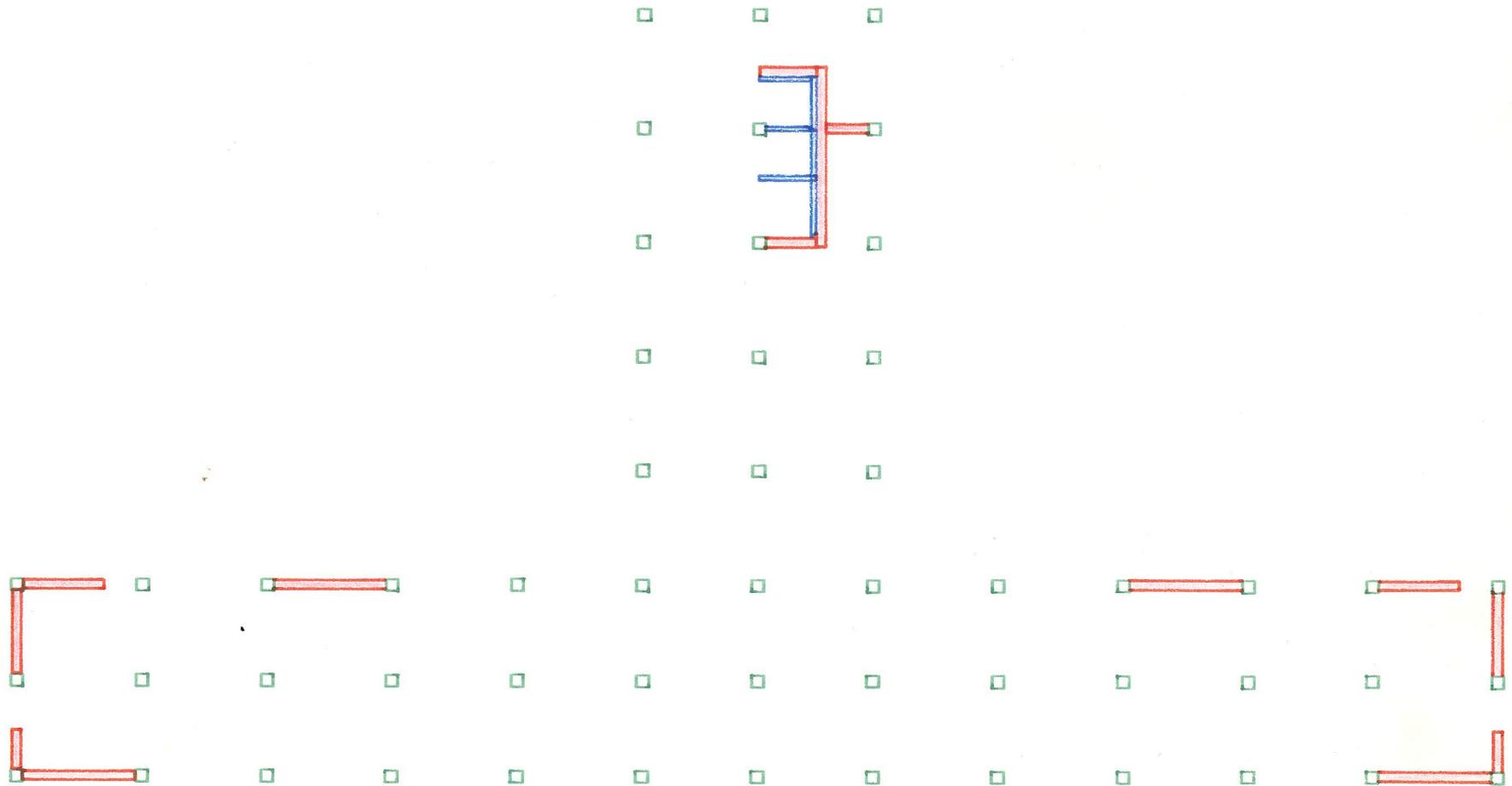
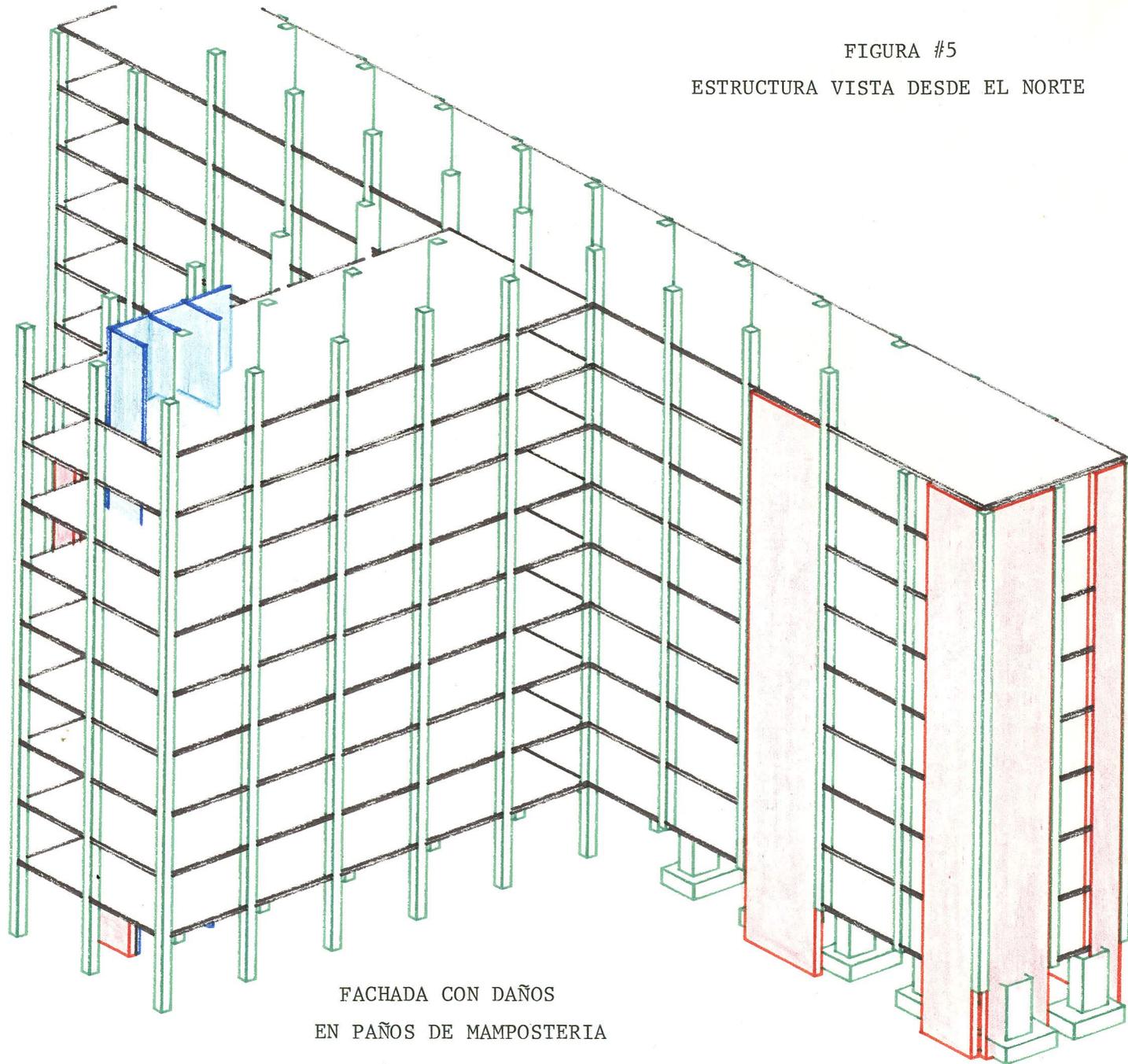


FIGURA #5
ESTRUCTURA VISTA DESDE EL NORTE



FACHADA CON DAÑOS
EN PAÑOS DE MAMPOSTERIA

turales desde el norte del edificio. Esta figura se complementa con la figura #6, en la que se presenta la misma vista anterior, pero omitiendo las columnas para apreciar con mayor claridad la ubicación de los muros de refuerzo. En las paredes de mampostería que van de este a oeste no se presentaron grietas apreciables. En lo que corresponde a la estructura, tanto las vigas como las columnas no presentan daños perceptibles a la vista.

En el tercer piso las fallas en los paños de mampostería siguen un patrón diferente al del piso anterior. En general, entre el tercero y el décimo piso hay consistencia en la ubicación de las paredes con daños. Siempre se mantiene el hecho de que las paredes en la dirección de este a oeste no presentan grietas significativas. A partir de este piso no hay muros de refuerzo en el sector este del edificio. Esto se puede notar muy bien en la vista de planta típica del tercer al sexto piso (figura #7). Se mantienen los muros de refuerzo en el ducto de elevadores y en la parte oeste de la estructura. Esto hace que el ala norte y el ala oeste (con muros de refuerzo) tengan una mayor rigidez a la traslación, mientras que el ala este posee mayor libertad para desplazarse. Es evidente que por la forma en que están dispuestos los muros de refuerzo, se presentó un problema torsional bastante serio, que provocó un comportamiento diferente al esperado cuando se concluyen los trabajos constructivos.

En lo correspondiente a las paredes de mampostería, las del ala oeste del edificio casi no sufrieron daños por agrietamiento (en esta parte hay muros de concreto de la reestructuración). Son las paredes del ala este (que todavía no ha sido reforzada) las que tienen los peores daños, y en un menor grado las de la fachada oeste del ala norte. Las figuras #8 y #9 muestran una vista del ala este, y de la forma en que se ve la misma omitiendo las columnas para apreciar la ubicación de los muros de refuerzo. De estas paredes, las que sufrieron los peores daños fueron las que están

FIGURA #6
MUROS DE REFUERZO VISTOS
DESDE EL NORTE

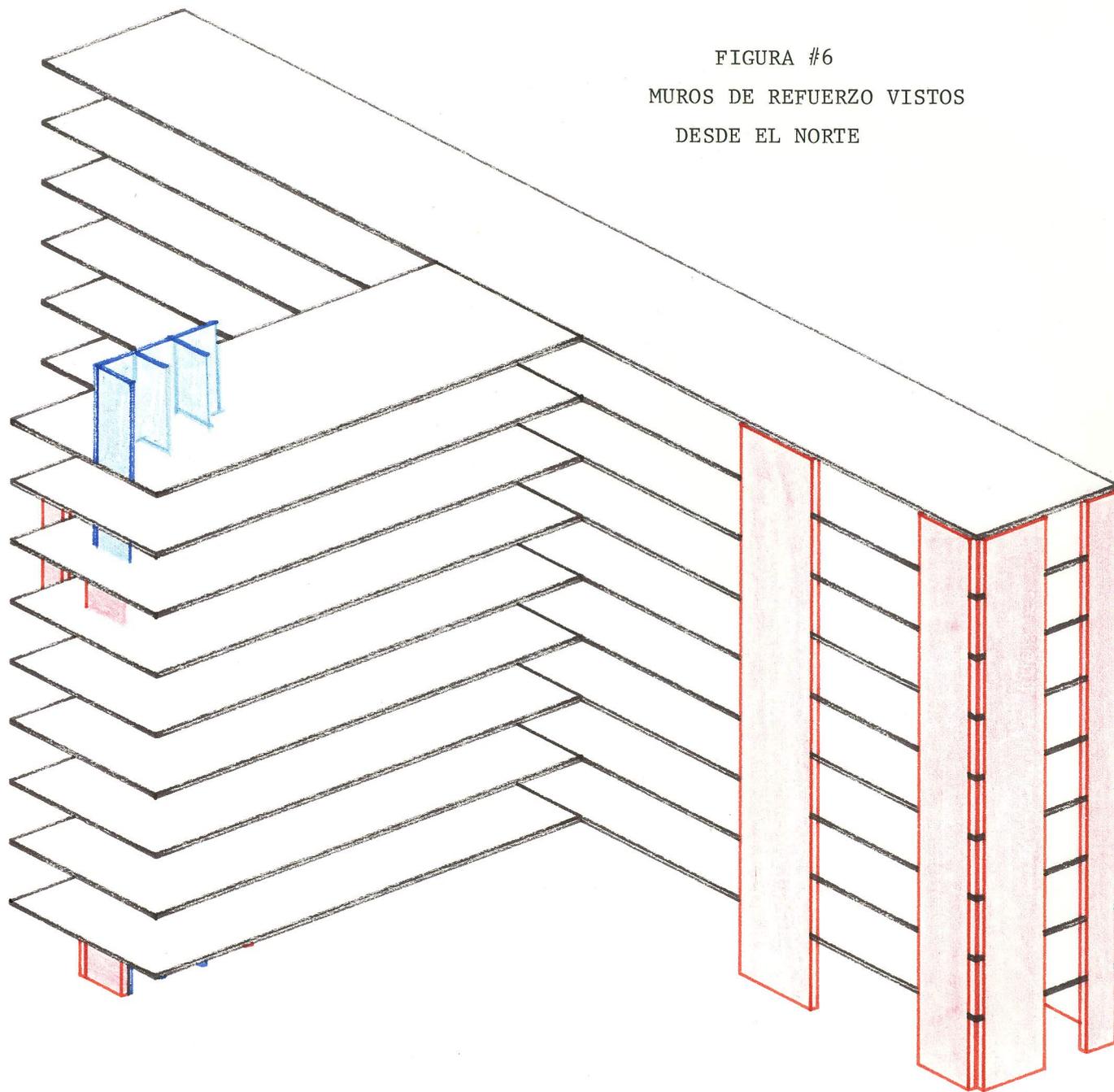


FIGURA #7
PLANTA TIPICA DEL TERCER AL SEXTO
PISOS

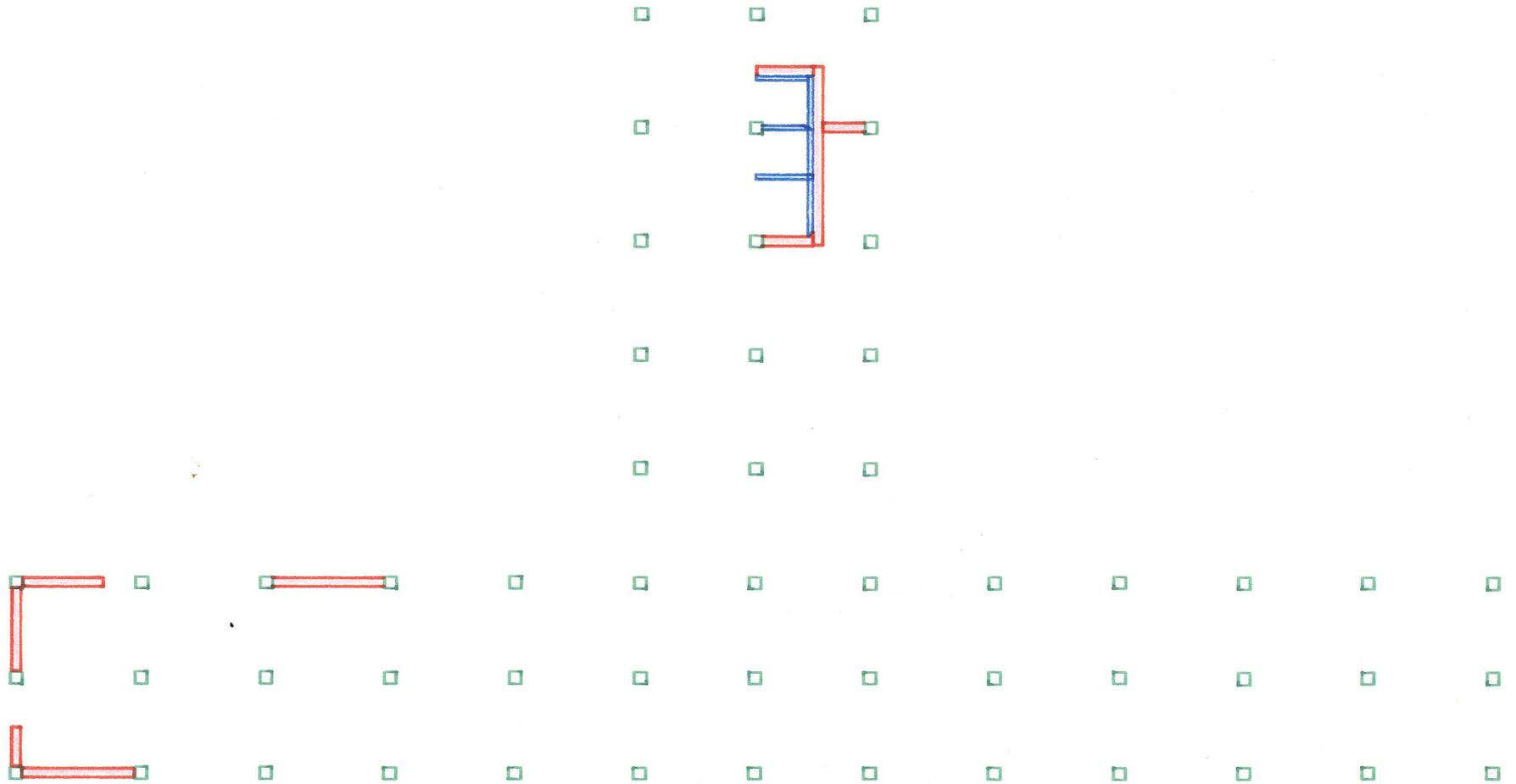


FIGURA #8
ALA OESTE DE LA ESTRUCTURA

ZONA DEL EDIFICIO EN QUE LAS PAREDES DE
MAMPOSTERIA SUFRIERON LOS PEORES DAÑOS.

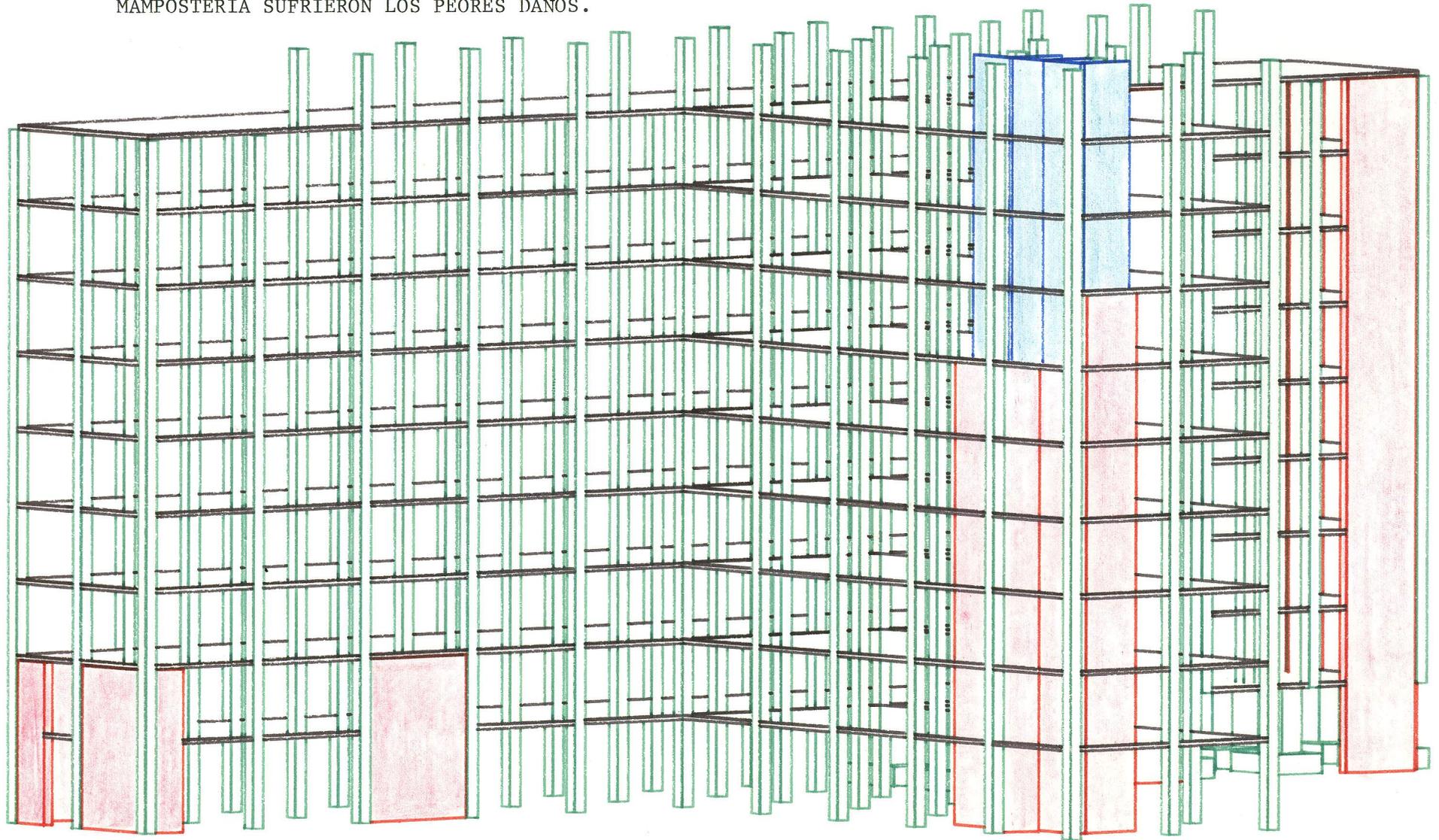
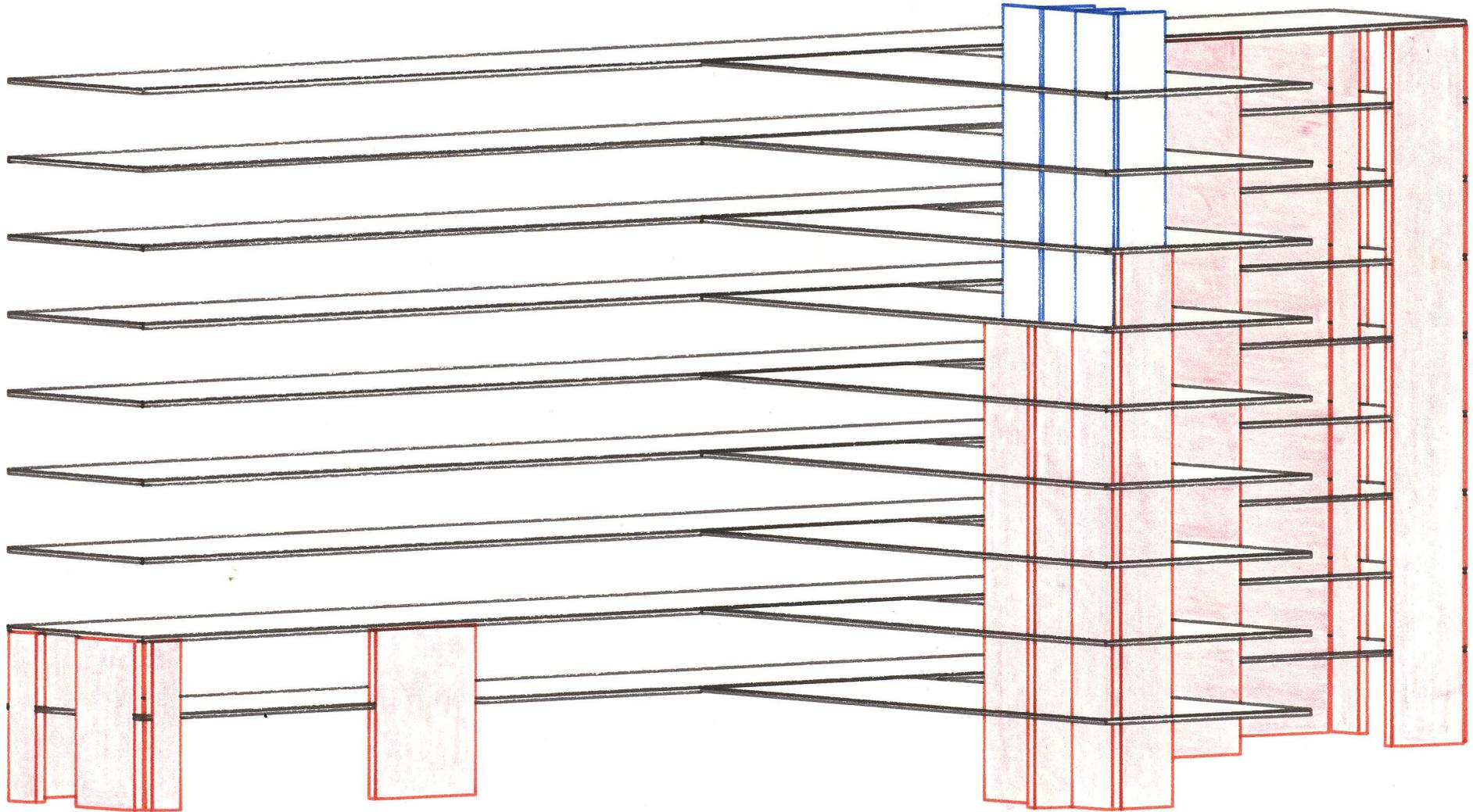


FIGURA #9
ALA OESTE DE LA ESTRUCTURA
(SOLAMENTE CON LOS MUROS DE REFUERZO)



ubicadas en los marcos centrales del edificio. También sufrieron daños de importancia las paredes cercanas al ducto de los elevadores.

Al inspeccionar todo el edificio se nota que el tercero y el quinto pisos fueron los que sufrieron los peores daños, dándose éstos en las paredes del núcleo central de la "T". En esta zona se desprendieron ladrillos de las paredes, poniendo en peligro la integridad de los pacientes. Puede apreciarse en ellas cómo quedaron huecos al caer los ladrillos, en algunos casos bastante grandes, en la regiones de las mismas que sufrieron con mayor severidad el embate de las fuerzas de inercia de la estructura.

El ala norte, también sufrió sus daños más severos entre el tercer y el quinto pisos. En las paredes de cierre se ven grietas en dirección diagonal, atravesando algunas de ellas la totalidad del paño. Esto se dio tanto en la fachada este, como en la oeste.

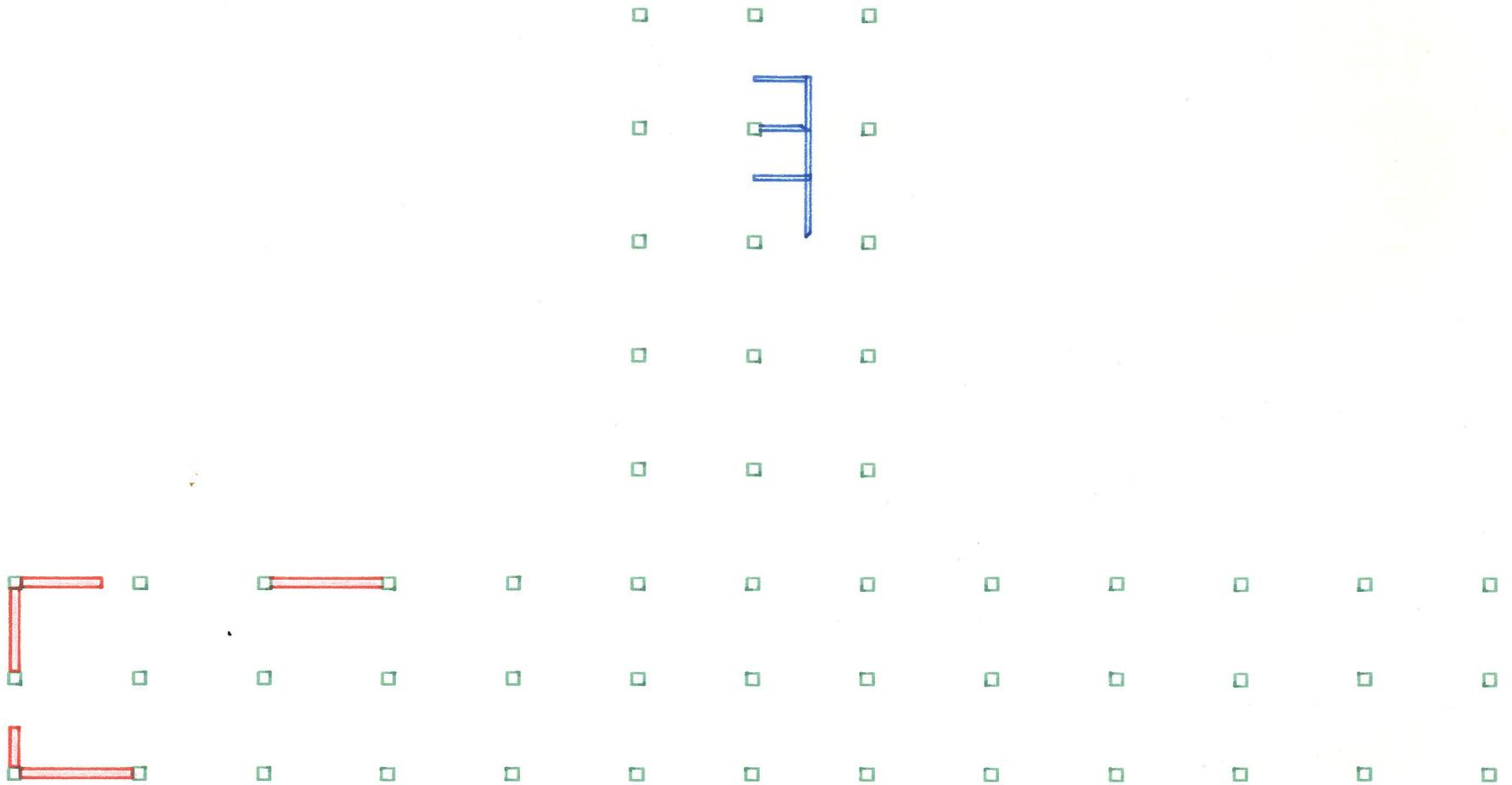
Sin embargo, fue en la fachada oeste en la que los paños se vieron más afectados. En esta zona, las paredes divisorias internas, en especial las que están junto al ducto de elevadores, también se agrietaron considerablemente.

Las últimas tres plantas (a partir del sétimo piso), son las que se vieron menos afectadas en el edificio. En ellas el agrietamiento es mucho menor que en los pisos inferiores.

En la figura #10 se muestra una planta del sétimo, octavo y noveno pisos, en la que se puede observar que los muros de refuerzo del ducto de elevadores no han sido concluidos. Esto hace que el centro de rigidez se desplace un poco hacia el sur, y por tanto el comportamiento sea diferente al que se dio en los pisos inferiores.

Como en todos los pisos, las paredes del ala oeste en la dirección norte-sur, son las que se vieron más agrietadas en todo

FIGURA #10
PLANTA DEL OCTAVO Y NOVENO PISOS



el nivel. En el ala norte se dio un agrietamiento considerable en los paños ornamentales que están en la fachada oeste (siguiendo el mismo patrón que en los pisos anteriores pero de menor magnitud).

De igual manera las paredes cercanas al ducto de los elevadores se agrietaron considerablemente. En lo que respecta a los elementos estructurales, tanto en este piso como en los anteriores, no se apreciaron daños de ningún tipo.

El décimo piso presenta una planta irregular con respecto a las inferiores, porque tiene una fila menos de columnas. En los extremos tiene dos filas menos de columnas (esto se puede ver claramente en la figura #1). El tipo de daños que se dieron en este piso fueron principalmente paredes agrietadas, aunque en un sitio se desprendió el repello de la losa del techo. El décimo piso, al igual que los tres inferiores, no presentaba tantos daños por el sismo. El patrón de agrietamiento en las paredes es similar al de los otros pisos, en lo que respecta a su ubicación. Un hecho importante a notar es que en una pared exterior donde el refuerzo estaba expuesto se comprobó que estaba sumamente afectado por la corrosión.

En la figura 11 se muestra un corte típico de la estructura en la dirección norte-sur, donde se muestra esquemáticamente la forma en que se agrietaron los paños de mampostería. En este esquema se muestran los paños de la fachada oeste, de la forma en que quedaron (vistos desde adentro) después del sismo.

CONCLUSIONES:

El edificio no presenta daños estructurales. Al inspeccionar los elementos estructurales, se pudo comprobar que no presentaban grietas a la vista (esto se apreció muy bien en los sitios en que no había láminas del cielo raso), ni ningún tipo de falla que hiciera dudar de la

posible pérdida de rigidez o de resistencia.

Sin embargo, un aspecto que puede ser preocupante es el hecho de que el acero se encuentre dañado por la corrosión (lo que es posible si se usaron arenas de playa en la mezcla del concreto).

Esto es un problema potencial (aunque menos probable que en el caso de las paredes debido a que los elementos estructurales no están expuestos a la intemperie) del edificio y que es conveniente verificar para garantizar su resistencia adecuada ante futuras sollicitaciones de sismo.

Los problemas de tipo no estructural que sufrió el edificio se vieron agravados por varios factores, entre los que se pueden citar:

- 1-. Existía en el momento del sismo una gran irregularidad en altura en el edificio, debida a cambios considerables en la rigidez. La distribución no uniforme de los muros en altura es el origen de este problema.
- 2-. En la mayor parte del edificio (a partir del tercer piso) había una gran irregularidad en planta, por la distribución no uniforme de los muros en planta. Esto hizo que el centro de rigidez estuviera desplazado con respecto al centro de masa. Si se considera además que por su forma el edificio tiene una gran inercia rotacional, el problema de torsión que se debe haber dado en la estructura es bastante serio.
- 3-. Las paredes de mampostería de relleno no se encontraban separadas de las columnas (en el caso de las paredes del ala sur del edificio), por lo que al desplazarse los marcos fueron solicitadas a cortante más allá de su capacidad.
- 4-. Las paredes de cierre del ala oeste de la estructura estaban unidas a los entrepisos superior e inferior de

la estructura, lo que hizo que fueran sometidas a fuerzas de corte por los desplazamientos relativos de los entrepisos.

5-. El acero de las mochetas no tiene la longitud de desarrollo debida, pues lo que hicieron fue hacer que traspasara la losa, y no enlazarlo con el acero de la misma.

6-. La losa de entrepiso tiene entre 19 y 21 cm de espesor en los sitios en que está perforada para colar los muros.

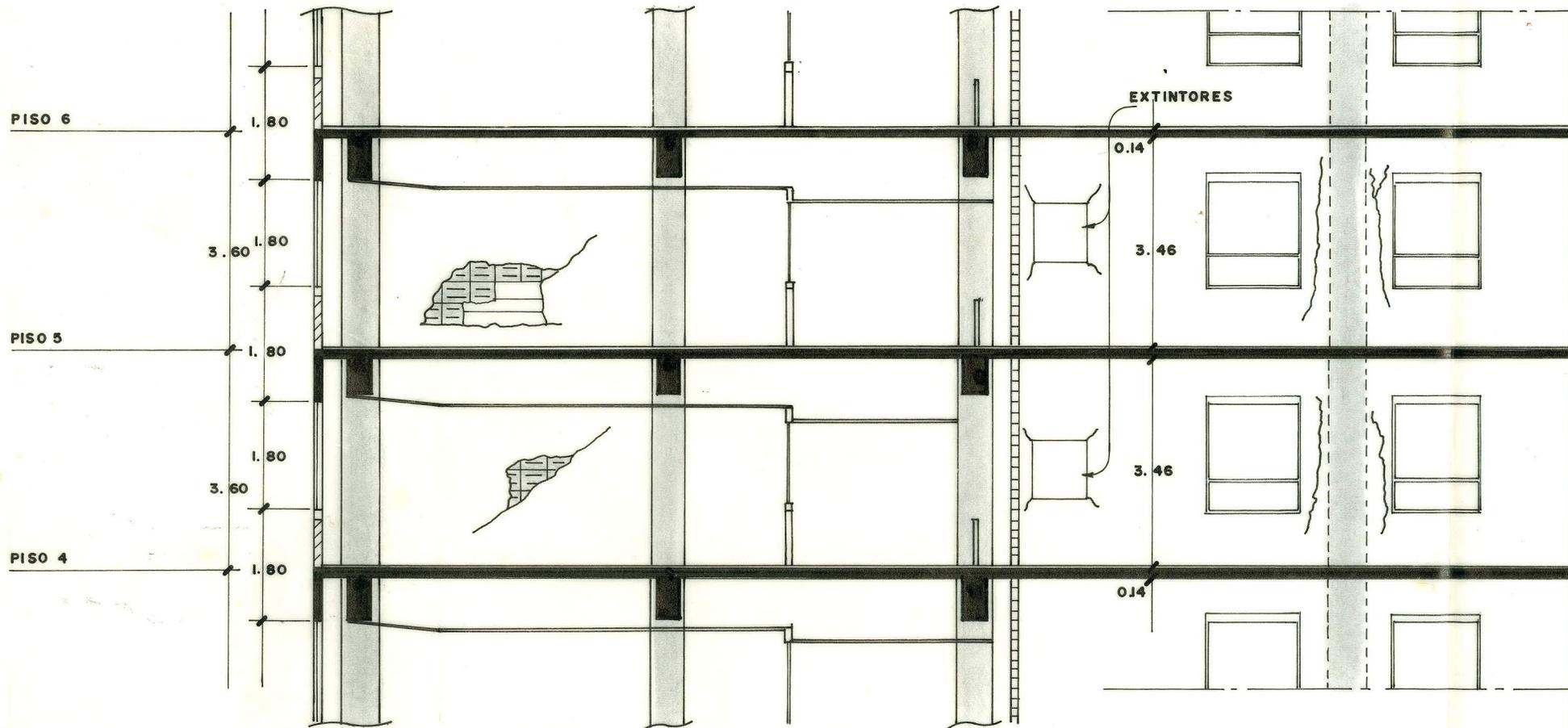
Es evidente que de ser esto uniforme en toda la losa las fuerzas de inercia son mayores que las estimadas, pues en los planos se estipula que la losa debe tener 14cm de espesor.

7-. Se comprobó que las paredes falladas no tenían refuerzo vertical, porque debido a la forma de colocar los ladrillos, los orificios para poner las varillas y colar el mortero estaban dispuestos horizontalmente. El refuerzo horizontal es de una varilla #2 a cada dos hiladas (#2 @ 40 cm). Por estas dos razones es evidente que la capacidad al corte de las paredes de mampostería no era muy grande.

Por los problemas de irregularidad en planta e irregularidad en altura que presentaba la estructura en el momento del sismo, su comportamiento fue bastante complejo. Es recomendable que en futuras ocasiones al construir sistemas de refuerzo para estructuras existentes se considere el efecto distorcionante de los trabajos en su estado parcial, ya que en este caso si el sismo hubiera producido sollicitaciones mayores sobre la estructura o su contenido de frecuencias hubiera sido más desfavorable, las consecuencias pudieron haber sido desastrosas.

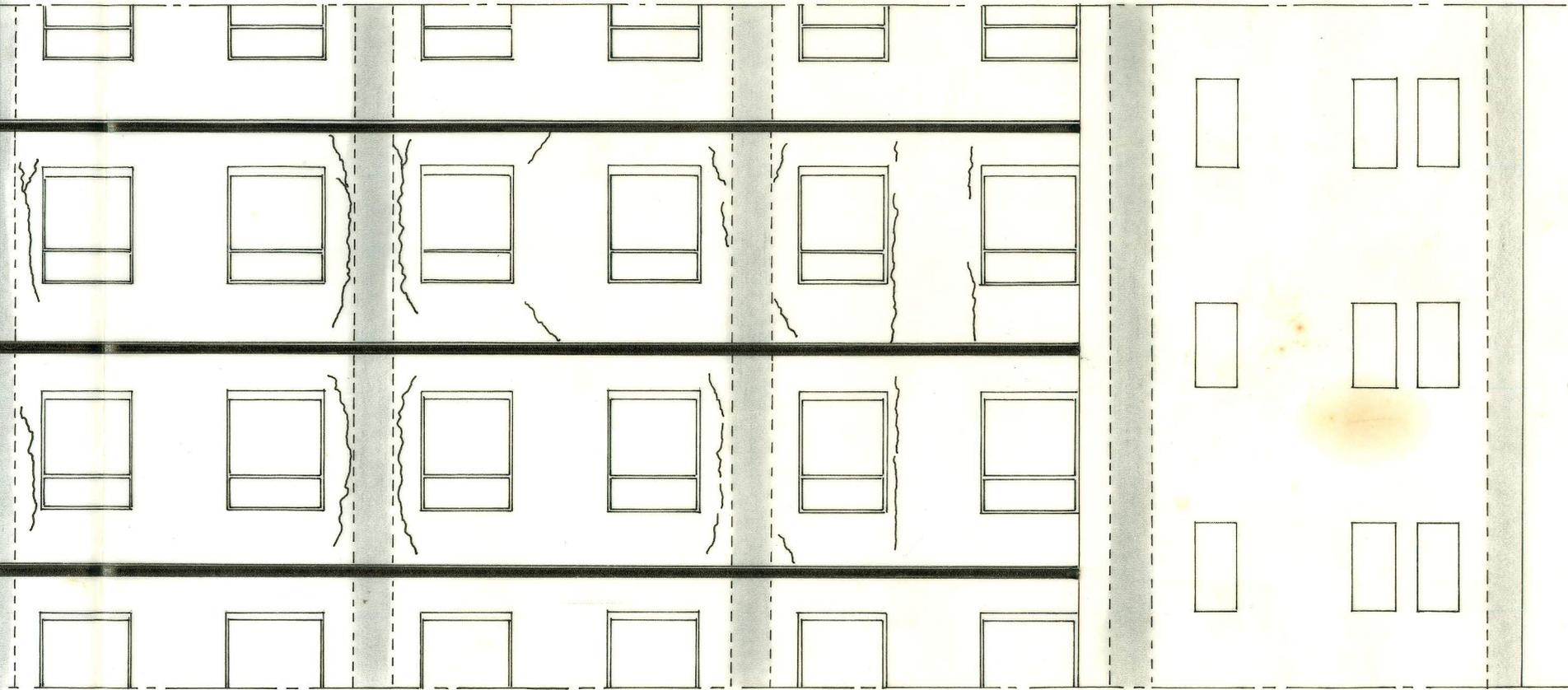
En el Anexo #1 se adjuntan las anotaciones hechas por el grupo de ingenieros que lo visitó el día 27 de Marzo de 1990. En ellas

se encuentra un levantamiento muy detallado de los daños que se encontraron en cada una de las plantas del edificio.



FIGURA

CORTE LONGITUDINAL DEL EJE NORTE-SUR DEL EDIFICIO
 MOSTRANDO EL PATRON DE AGRIETAMIENTO QUE SE DIO
 EN LAS PAREDES DE MAMPOSTERIA

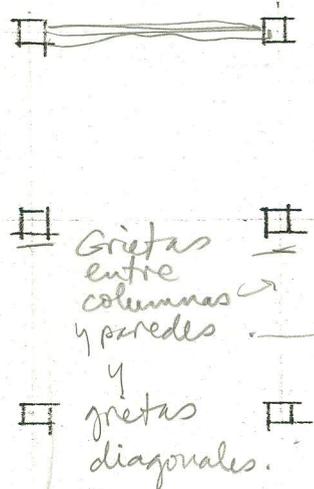
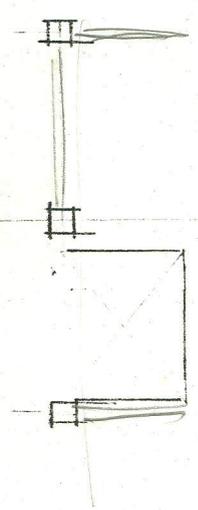
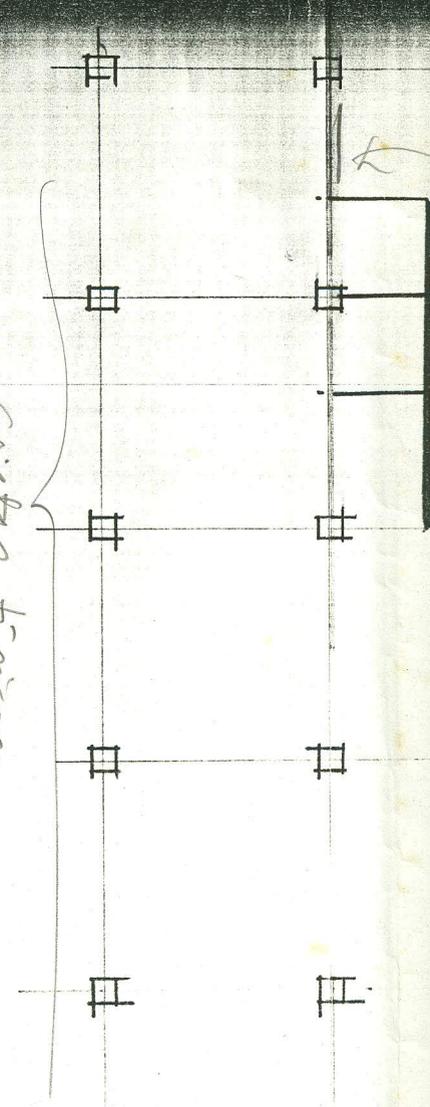


→ NORTE

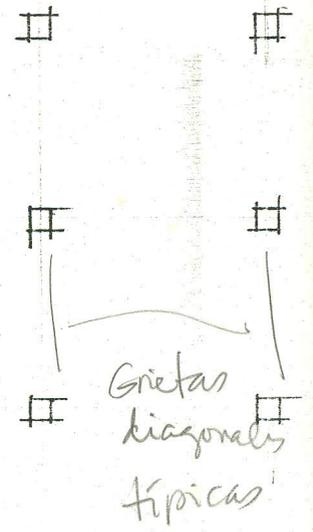
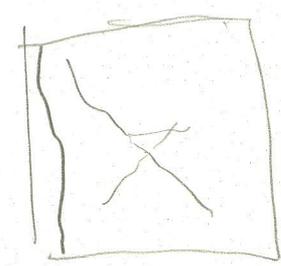
ANEXO #1

LEVANTAMIENTO DE LOS DAÑOS OBSERVADOS EN
LA VISITA AL EDIFICO.

Grietas típicas



Grietas entre columnas y paredes y grietas diagonales.



Grietas diagonales típicas

PLANTA TIPICA HOSF

PISO 2

meta en
viga

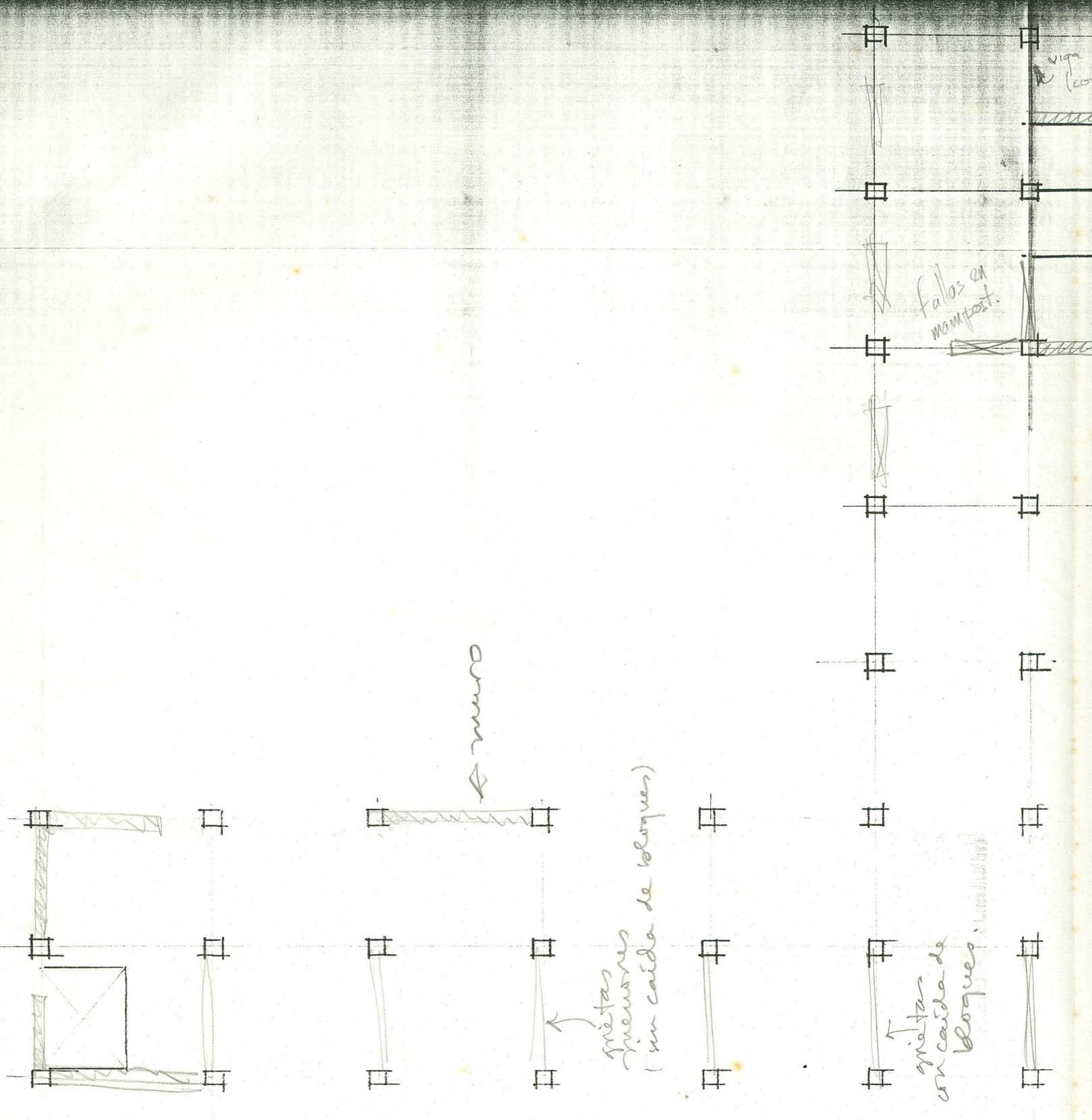
(piso 2 a piso 6)

muros
ya construidos

cas

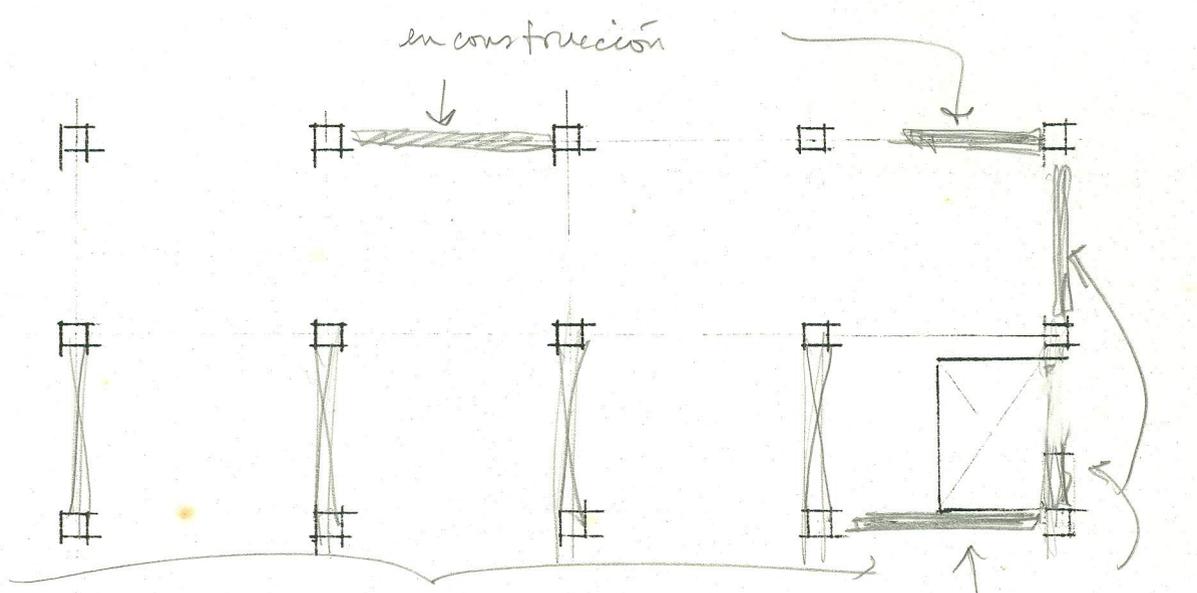
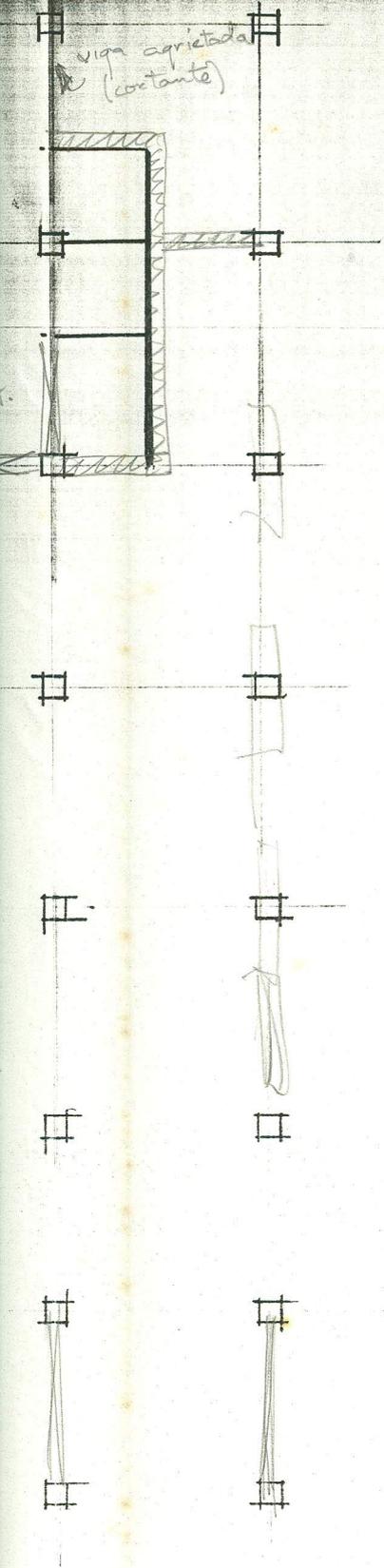
HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA

502



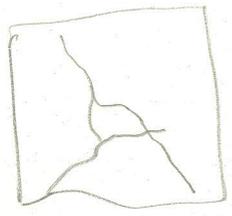
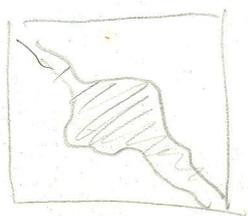
PLANTA TIPICA

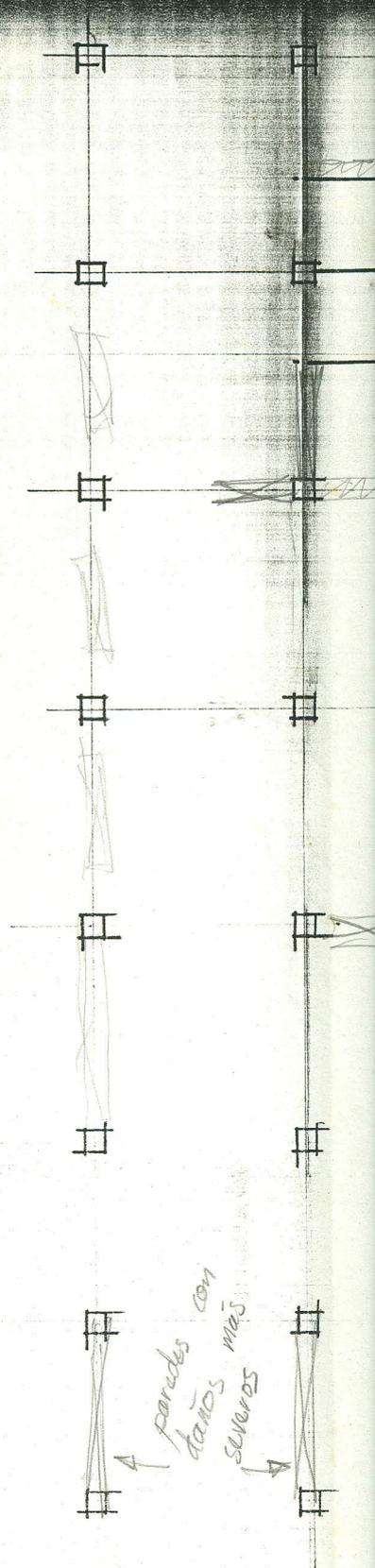
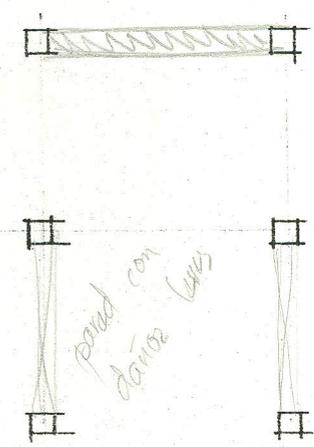
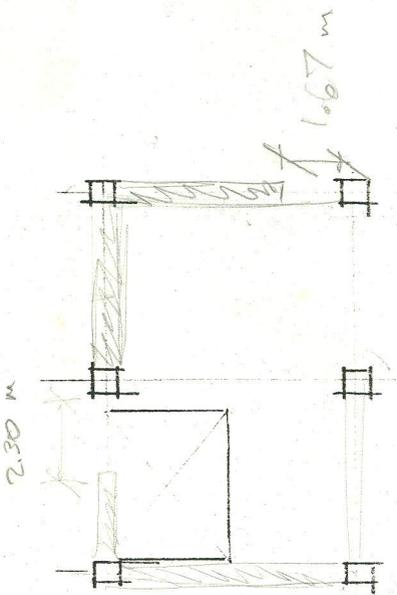
HOSP



Pisos de mampostería agrietados

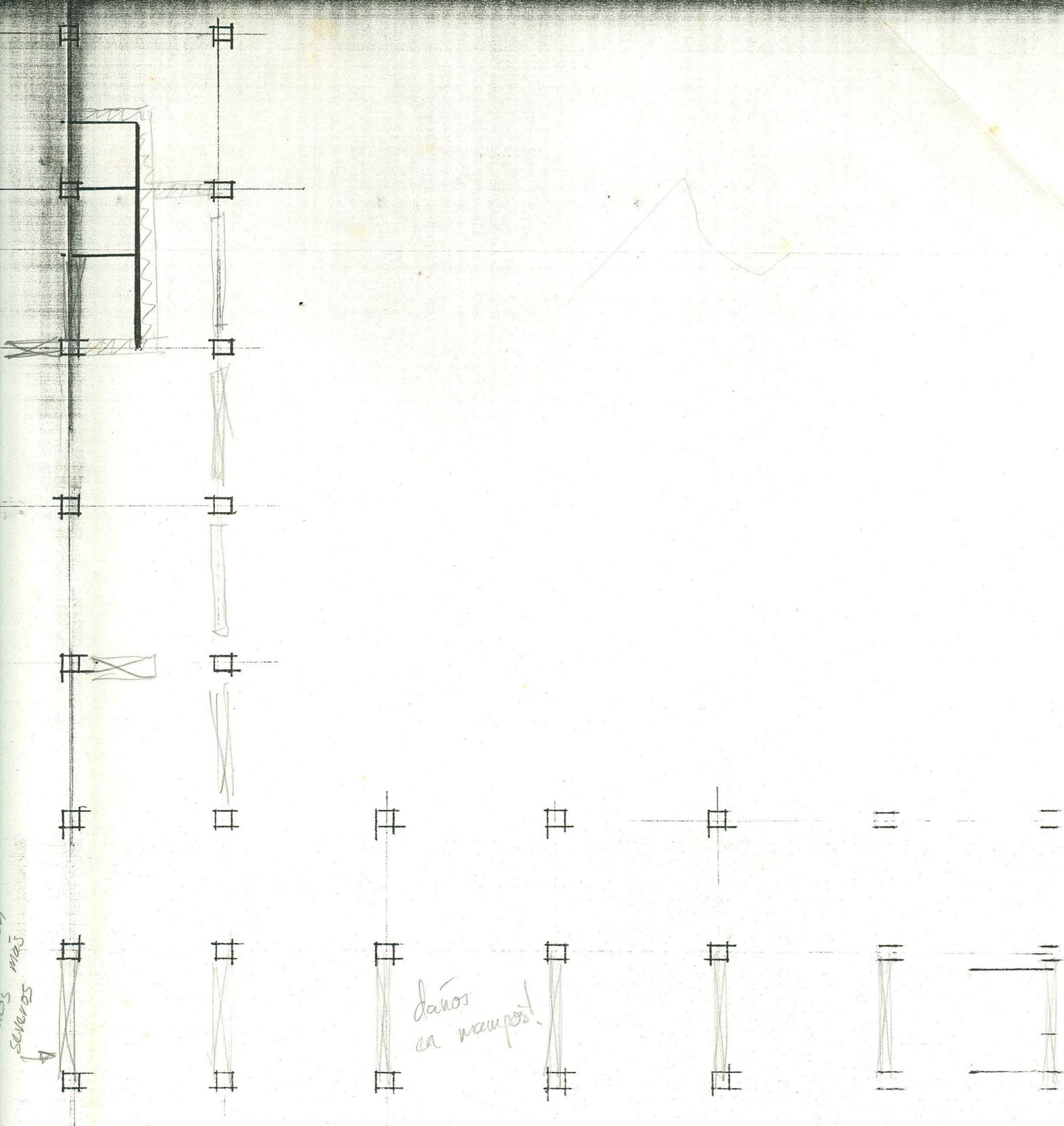
HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA





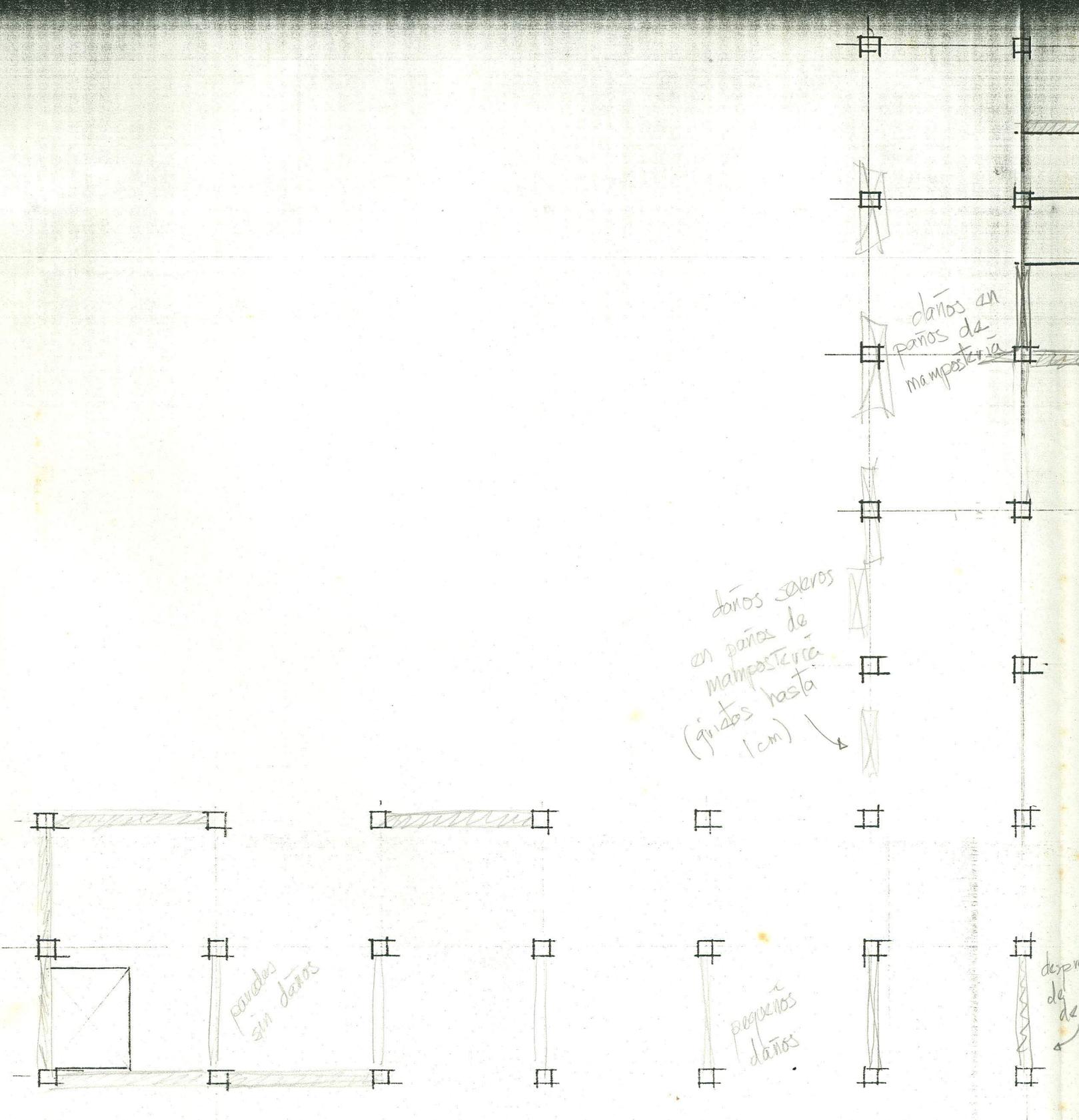
PLANTA TIPICA

PISO 4



HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA

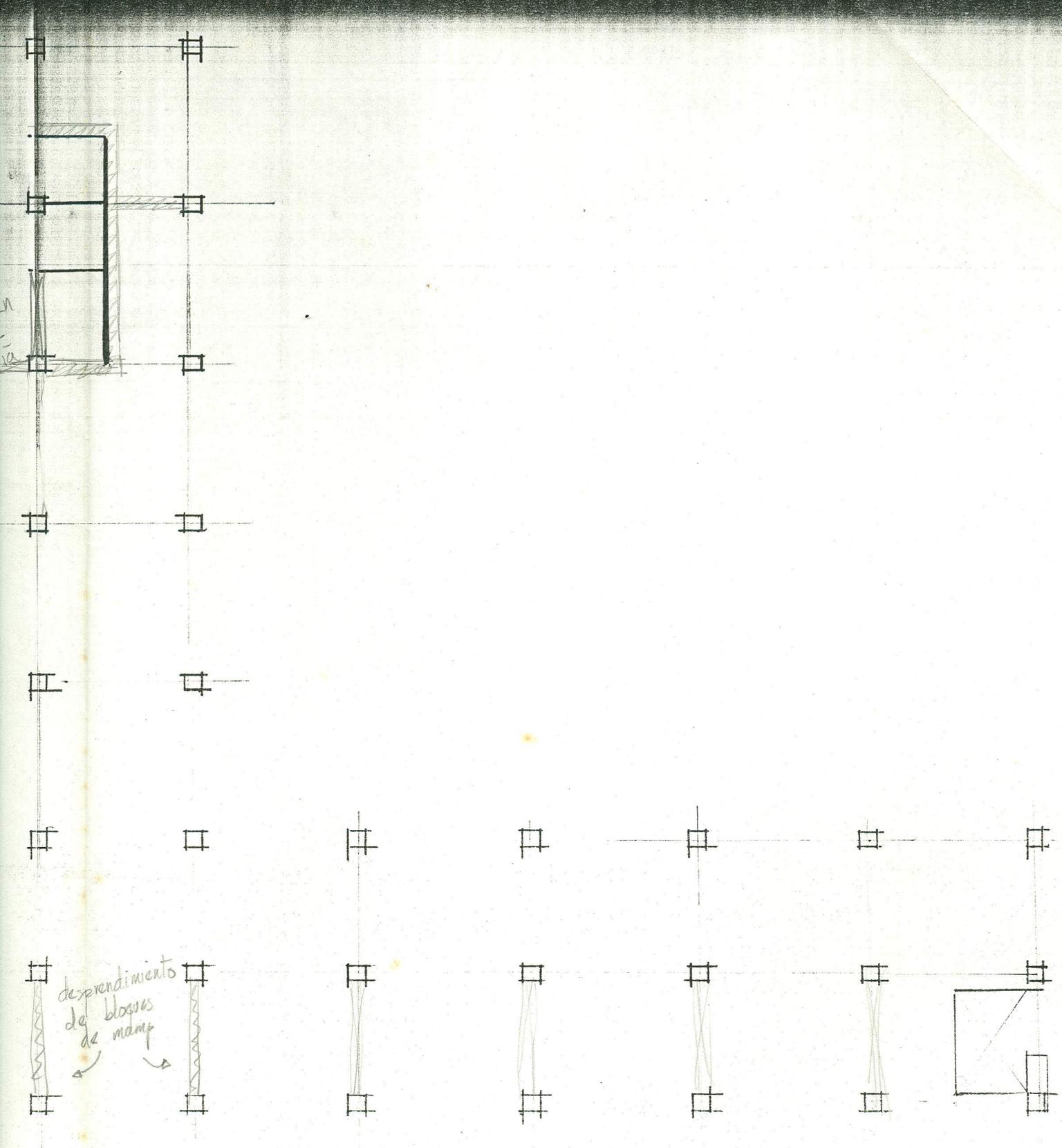
PISO 4



PLANTA TIPICA

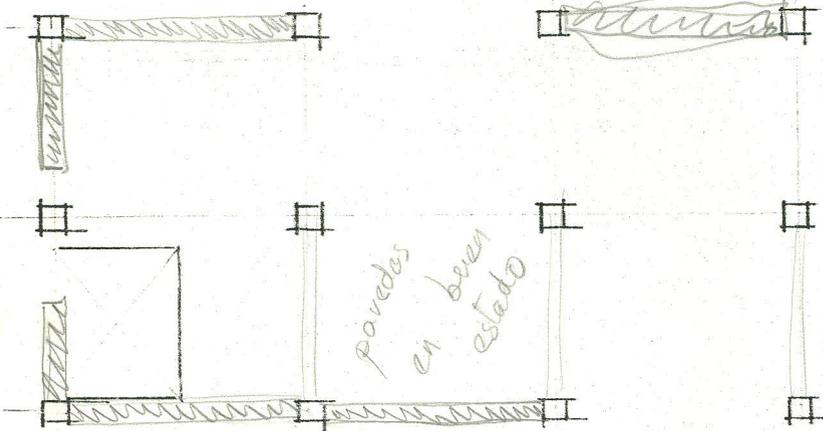
HOS

PISO 5



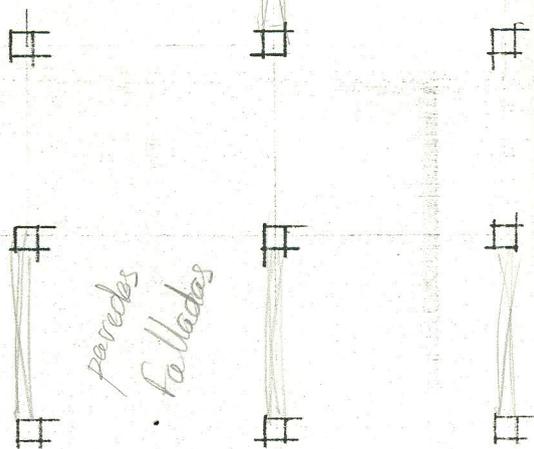
HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA

Muros de refuerzo



Paredes en buen estado

Paredes de mampostería con fallas en X

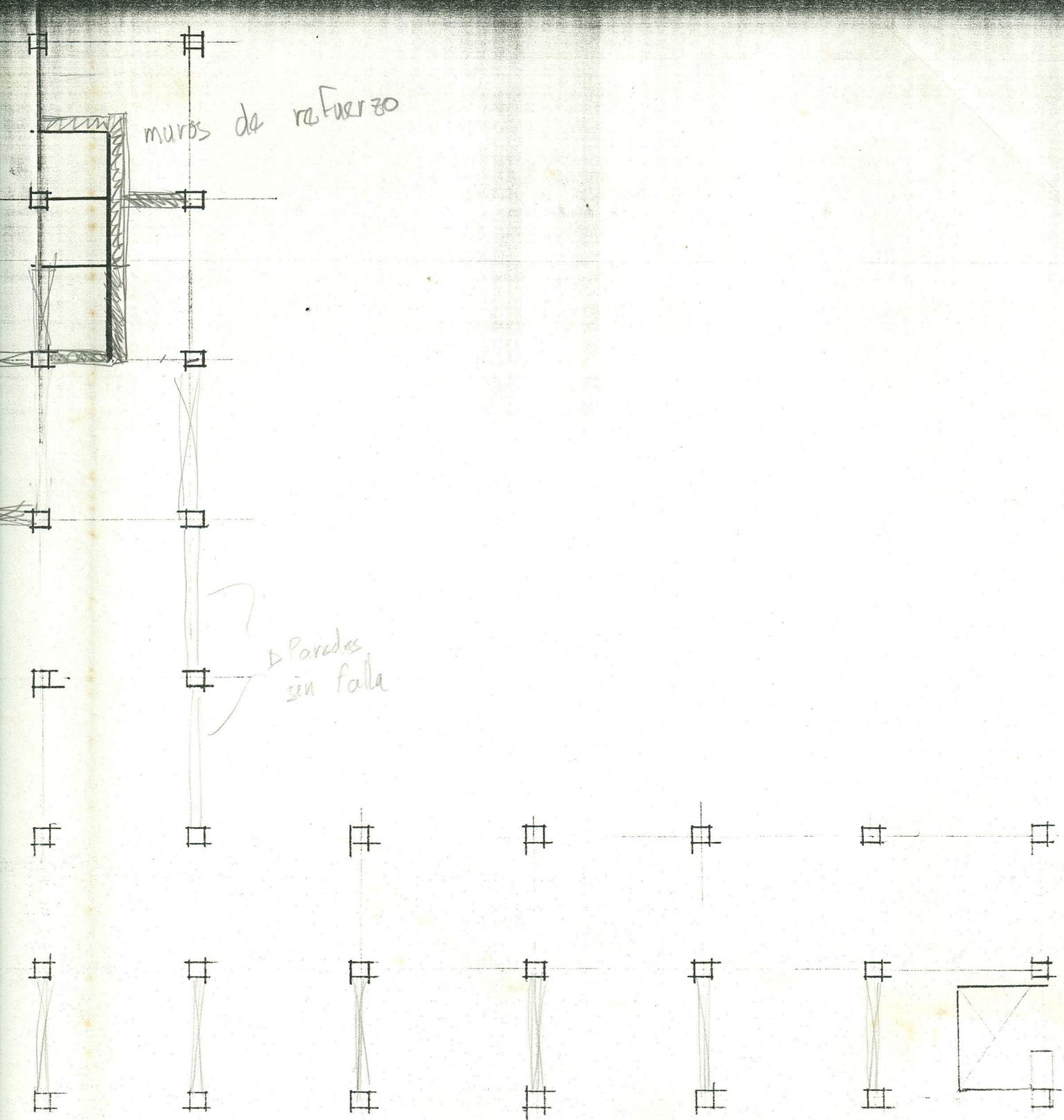


Paredes falladas

PLANTA TIPICA

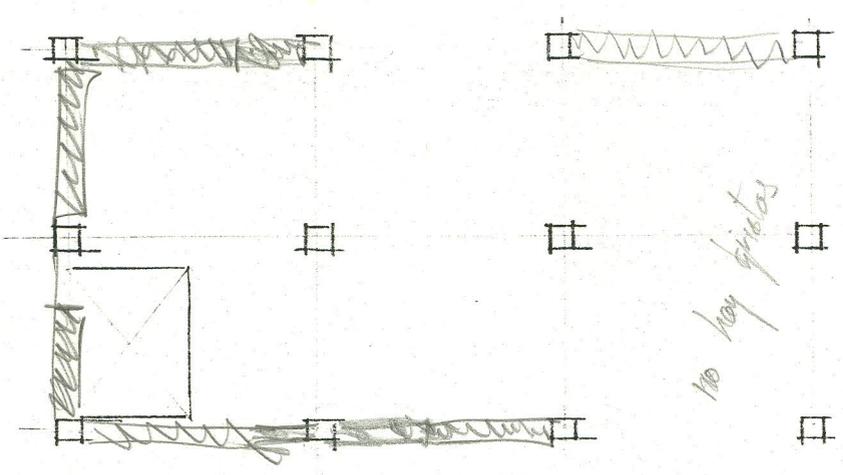
HOS

PISO 6



HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA

Muros de refuerzo

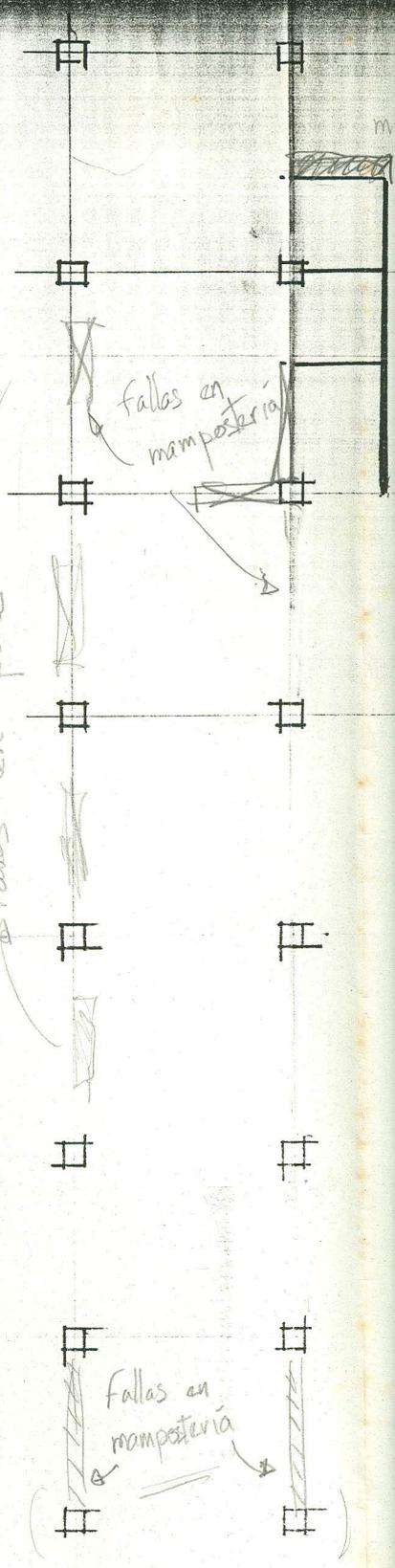


no hay grietas

Fallas por

Fallas en pines

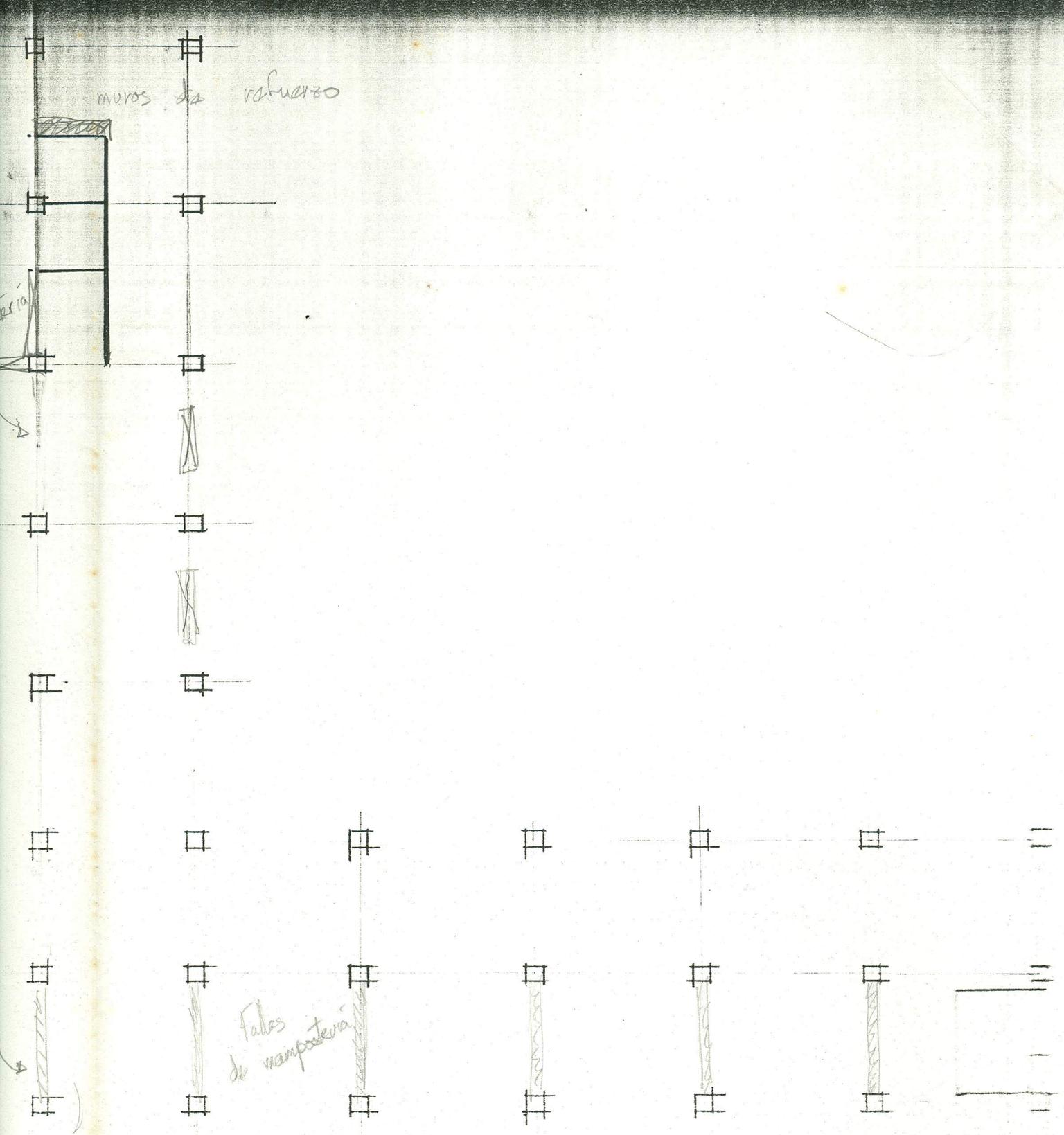
Fallas en mamposteria



PLANTA TIPICA

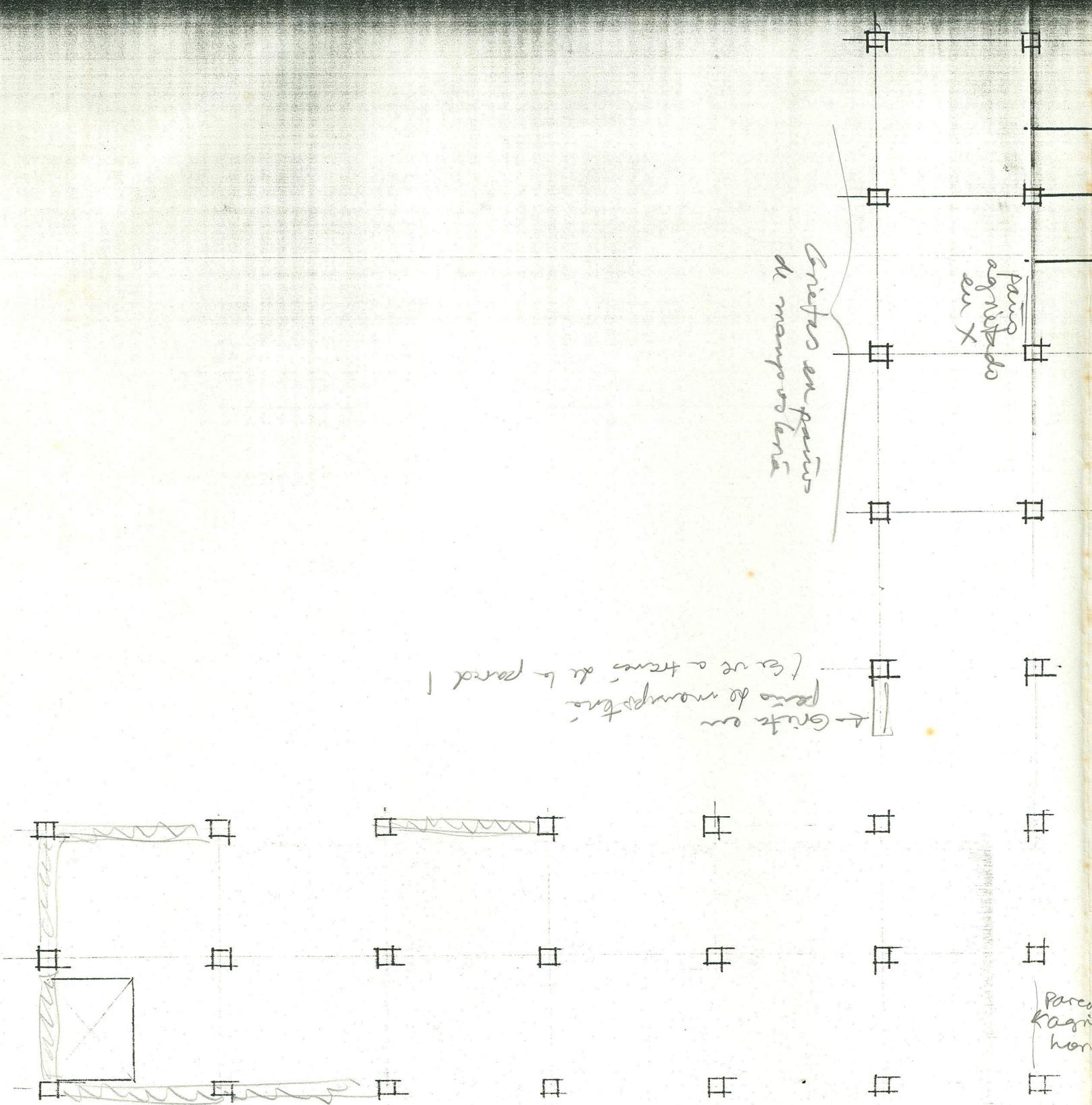
HOS

PISO



HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA

PISO 7



PLANTA TIPICA

HOS

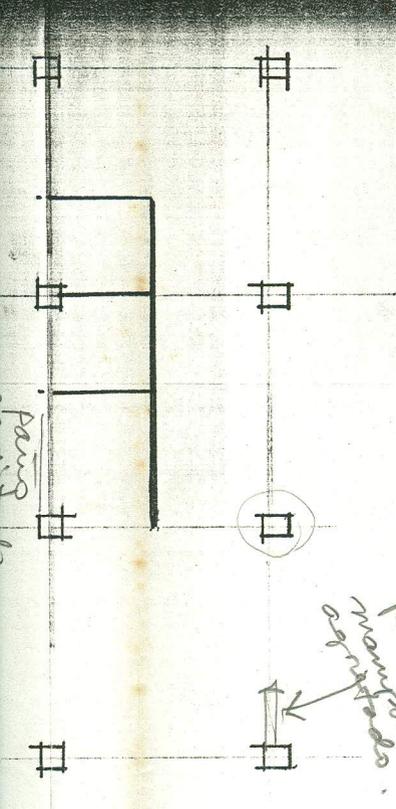
PISO 8

Grietas en puntos de mampostera

Pared Ragnie hor?

Grietas en punto de mampostera
 (Crack at masonry point)

Pared Ragnie hor?



Pared deouis
manejada
apoyada

ambos lados -
grieta entre
pared y columna

Pared
ragrietada
horizontalmente

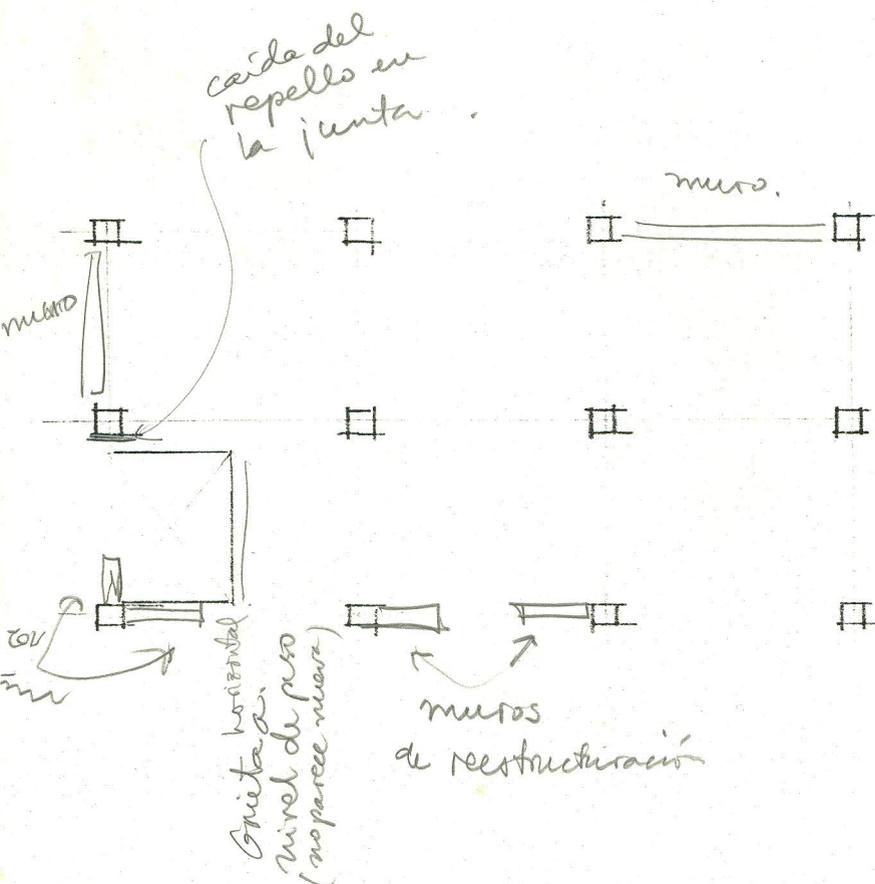
Pared agri-
en diagonal

P.a.
en diagonal.

grieta
horizontal
bajo ventana

HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA

PISO 8



manipostera agrietada
en uniones

Grieta entre
pared y
columna

Cajón
del
extintor

caída
del
repello

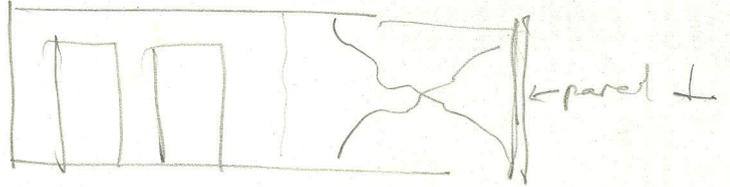
PLANTA TIPICA HO

PISO 9

Abertura en el piso
trabajo de remodelación

paño agrietado en X

Grietas a ambos lados
del paño

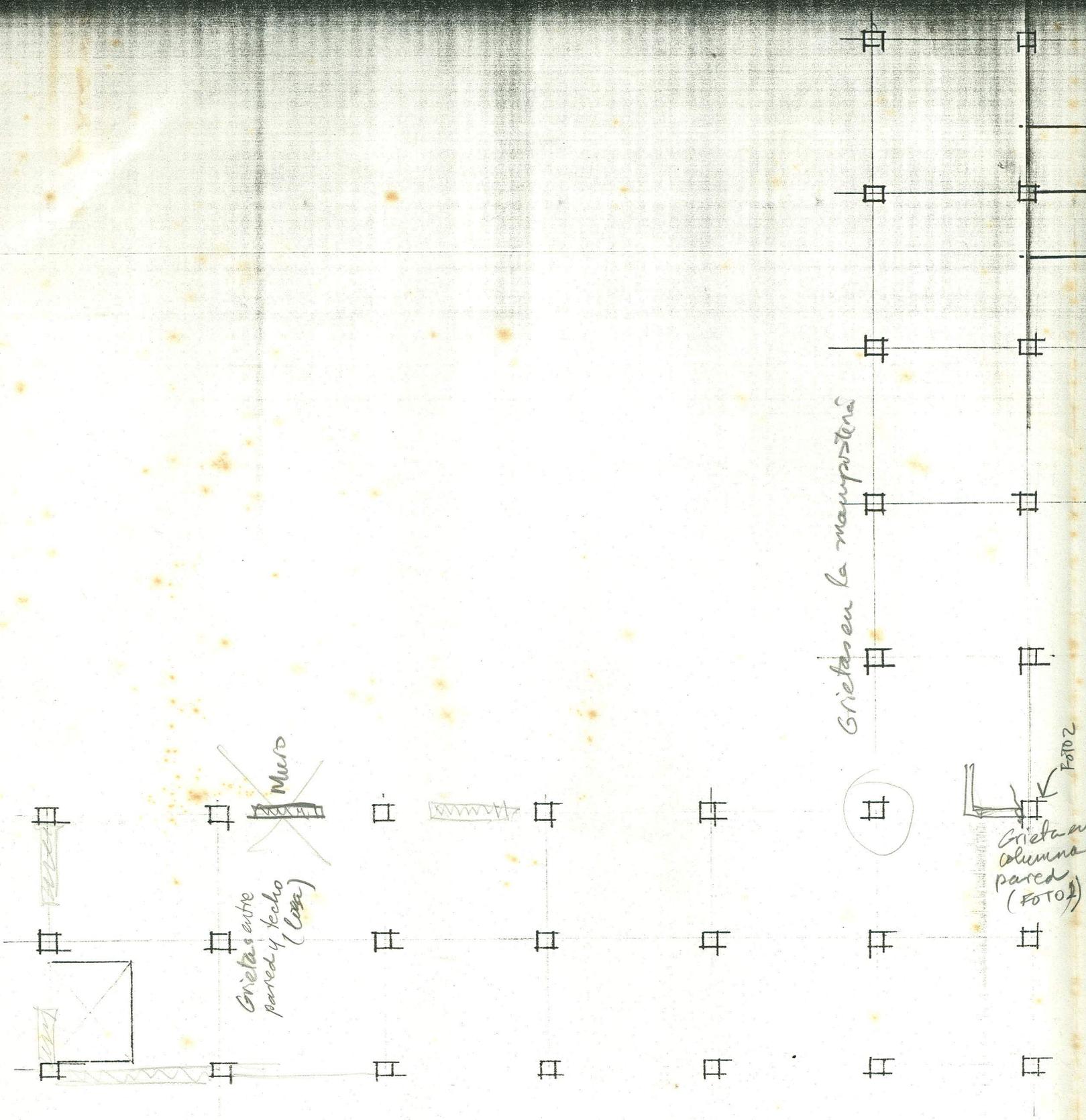


caída del repello

columna sin repello
trabajo de remodelación

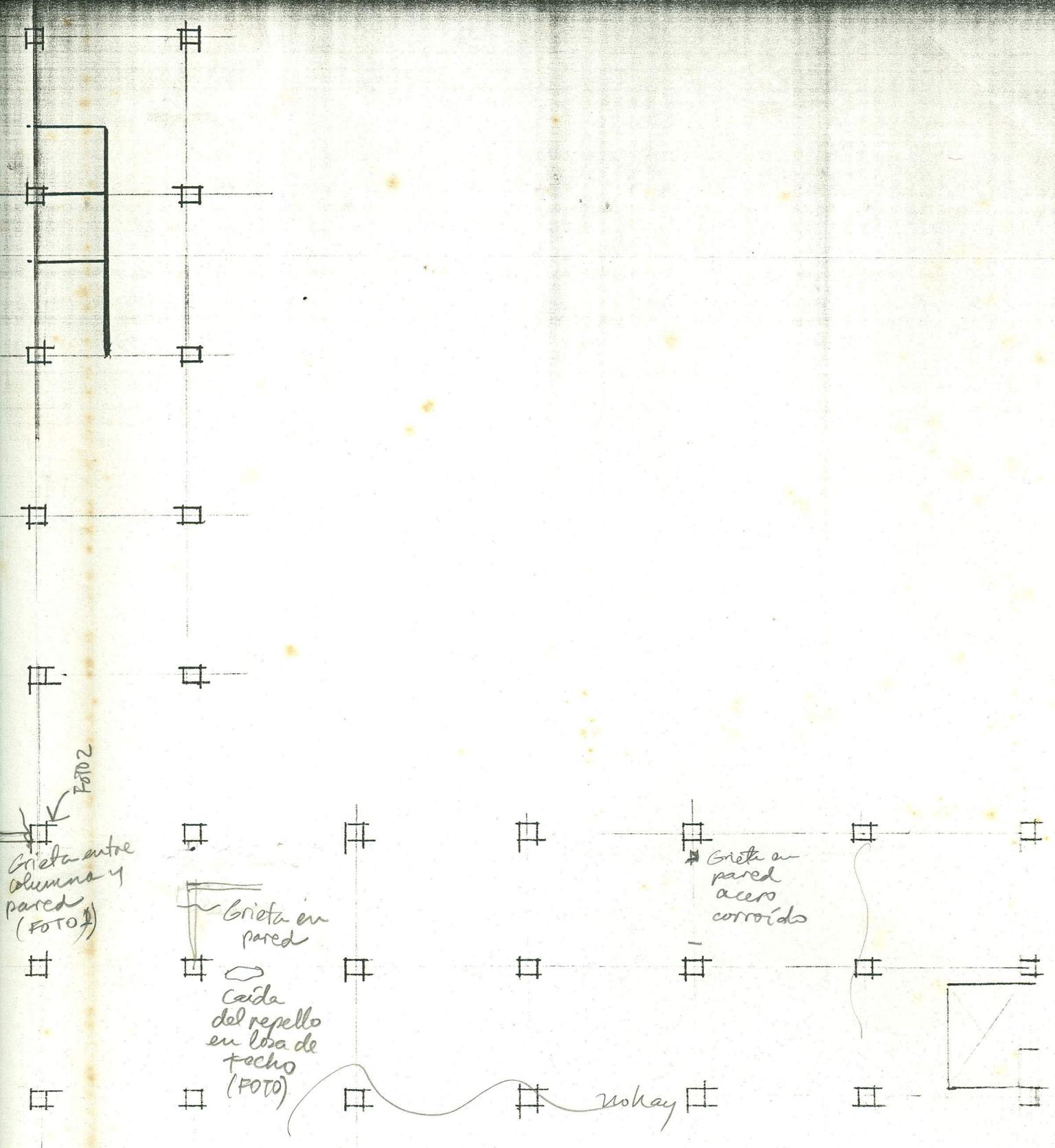
HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA

caída del
repello



PLANTA TIPICA HOS

PISO 10



HOSPITAL MONSEÑOR SANABRIA